

Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief

**Analyse verschiedener Varianten der
Festnetztelefonierechnung nach
Nutzergruppen für die Jahre 2005 und 2010**

**Technischer Bericht
Im Auftrag der
Deutschen Telekom AG
T-Com, Zentrale**

Autoren
Dr. Dietlinde Quack
Dipl.-Ing. Martin Möller

unter Mitarbeit von Philipp Vogt
und Dipl.-Ing. Carl-Otto Gensch

Freiburg, den 28. Juli 2005

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 50 02 40
D-79028 Freiburg
Tel. +49 (0) 7 61 – 45 295-0
Fax +49 (0) 7 61 – 45 295 88

Hausadresse
Merzhauser Str. 173
D-79110 Freiburg
Tel. +49 (0) 761 – 45 295-0
Fax +49 (0) 761 – 45 295 88

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel. +49 (0) 6151 – 81 91 - 0
Fax +49 (0) 6151 – 81 91 33

Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel. +49 (0) 30 – 28 04 86-80
Fax +49 (0) 30 – 28 04 86-88

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Einführung zum Bericht	4
3	Zielsetzung und Untersuchungsrahmen	5
3.1	Zielsetzung und Anwendung, Zielgruppen	5
3.2	Nicht intendierte Anwendungen	6
3.3	Kurzbeschreibung der untersuchten Systeme	6
3.4	Funktionen der Systeme, funktionelle Einheit und Referenzflüsse	6
3.5	Lebensweg und Systemgrenzen	8
3.6	Datenerhebung und Datenqualität	17
3.7	Angewandte Allokationsregeln	18
3.8	Berücksichtigte Wirkungskategorien	20
3.9	Kritische Prüfung	21
4	Systembeschreibung und Datengrundlage	21
4.1	Datengrundlage	21
4.1.1	Allgemeine Daten	21
4.1.2	Spezifische Daten	23
4.1.2.1	Spezifische Daten zu <i>Rechnung Online</i>	23
4.1.2.2	Spezifische Daten zu <i>Rechnung per Brief</i>	24
4.2	Beschreibung und Datengrundlage für die Definition von Nutzergruppen und Zukunftsszenarien	24
4.2.1	Nutzergruppen Privatkunden	25
4.2.1.1	Nutzergruppe 1: <i>Rechnung Online</i> mit Funktion Rechnung per Email	27
4.2.1.2	Nutzergruppe 2: <i>Rechnung Online</i> mit Funktion Benachrichtigung per Email	27
4.2.1.3	Nutzergruppe 3: <i>Rechnung Online</i>	28
4.2.1.4	Festlegungen für die Prüfung der Sensitivität der Ausdrucke	29
4.2.1.5	Rechnung per Brief	30
4.2.2	Begründung für die Nicht-Betrachtung der Geschäftskunden	34
4.2.3	Zukunftsszenarien	36
4.2.3.1	Ausgangssituation 2005	41

4.2.3.2	Szenario <i>Business as Usual</i> im Jahr 2010 (<i>BaU 2010</i>)	42
4.2.3.3	Szenario <i>Ökologisch optimiert</i> im Jahr 2010	43
4.2.3.4	Allgemeine Rahmenbedingungen	45
4.3	Rechenmethode und verwendete Software	47
5	Wirkungsabschätzung und Auswertung	49
6	Ergebnisse	51
6.1	Ausgangssituation 2005	51
6.1.1	Vergleich <i>Rechnung Online</i> und <i>Rechnung per Brief</i> nach Nutzergruppen	51
6.1.2	Beitragsanalyse	53
6.1.3	<i>Rechnung Online</i> : Sensitivität des Ausdrucks der Rechnung	58
6.1.4	<i>Rechnung Online</i> : Sensitivität der Rechnungsbeilage – falls separat versandt	60
6.1.5	<i>Rechnung per Brief</i> : Sensitivität der Papierqualität	62
6.2	Szenario <i>Business as Usual</i>	64
6.2.1	Vergleich von <i>Rechnung Online</i> und <i>Rechnung per Brief</i> nach Nutzergruppen	64
6.2.2	<i>Rechnung Online</i> : Sensitivität des Ausdrucks der Rechnung	66
6.3	Szenario <i>Ökologisch optimiert 2010</i>	67
6.3.1	Vergleich <i>Rechnung Online</i> und <i>Rechnung per Brief</i> nach Nutzergruppen	67
6.3.2	<i>Rechnung Online</i> : Sensitivität des Ausdrucks der Rechnung	69
6.3.3	<i>Rechnung per Brief</i> : Sensitivität der Rechnungsbeilage	71
6.4	Gegenüberstellung der Szenarien	72
7	Schlussfolgerungen	73
7.1	Zum Vergleich von <i>Rechnung Online</i> und <i>Rechnung per Brief</i>	73
7.2	Empfehlungen	75
7.2.1	Rechnung Online	75
7.2.2	Rechnung per Brief	76
7.3	Diskussion möglicher weiter gehender Aktivitäten	76
7.3.1	Prüfbedarf Umweltzeichen für <i>Rechnung Online</i>	78
7.3.2	Schaffung von Zusatzanreizen für Kunden durch die T-Com	80
7.3.2.1	Umweltsponsoring	80

8	Literatur und Quellen	82
9	Externes kritisches Gutachten	85
9.1	Kurzfassung	85
9.2	Einleitung und Aufgabenstellung	86
9.3	Übersicht	86
9.4	Ziel und Untersuchungsrahmen der kritischen Prüfung	87
9.5	Einschätzung der Studie gemäss ISO 14040ff.	88
9.6	Vorgehen und Überblick	88
9.7	Wissenschaftlichkeit und ISO-Konformität der angewendeten Methoden	89
9.8	Einschätzung von Umfang, Zweckmässigkeit und Konsistenz der verwendeten Daten	91
9.9	Einschätzung der inhaltlichen Konsistenz von Zielsetzung und Folgerungen	92
9.10	Einschätzung von Transparenz und Konsistenz des Berichts	94
9.11	Einschätzung der Korrektheit der Modellierung und der Ergebnisse	95
	Anhang 1 - Aggregierte Ergebnisdarstellung	96
	Anhang 2 – Annahmen für die Bereitstellung von Elektrizität für die Ausgangssituation 2005 sowie die Szenarien <i>BaU 2010</i> und <i>Ökologisch optimiert 2010</i>	98
	Anhang 3 – Spezifikation der Endgeräte in den Haushalten in 2005 und 2010	103
	Anhang 4 – Dokumentation der Sachbilanzmodule (siehe beiliegende CD ROM)	105
	Anhang 5 – Dokumentation Ergebnisse Sachbilanz (siehe beiliegende CD ROM)	107
	Anhang 6 – Dokumentation Ergebnisse Wirkungsabschätzung (siehe beiliegende CD ROM)	109
	Anhang 7 - Technical Paper EcoGrade 2005	111

1 Zusammenfassung

Die T-Com (früher Deutsche Telekom AG) bietet ihren Kunden seit 1997 optional die Telefonrechnung in elektronischer Form an und nicht mehr, wie bislang üblich, nur in Briefform (im Folgenden *Rechnung per Brief*, abgekürzt *RpB*, genannt). Diese elektronische Rechnung (im Folgenden *Rechnung Online*, abgekürzt *ReO*, genannt) wird sowohl für Privatkunden als auch für Geschäftskunden angeboten.

Vor dem Hintergrund erwarteter ökologischer Vorteile von ReO gegenüber RpB wurde im Rahmen einer Ökobilanz geklärt, welche Umweltauswirkungen aktuell mit beiden Rechnungsalternativen verbunden sind und welche Veränderungen z.B. aufgrund veränderten Nutzerverhaltens und veränderter Hardware-Ausstattung zukünftig zu erwarten sind. Untersucht wurde die Nutzung der Telefonrechnung für die funktionelle Einheit „Nutzung der Telefonrechnung durch 1.000 Kunden für den Zeitraum von einem Jahr“. Der Begriff Nutzung beinhaltet den Erhalt mit seinen Vorprozessen (z.B. Rechnungserstellung und Distribution) sowie die Auswertung der Rechnung (z.B. Download, Nutzung Auswertetool, Ausdruck).

Um differenziertere Aussagen zu ermöglichen, wurden die Kunden von ReO entsprechend der von ihnen bezogenen Rechnungsform und der von T-Com vorgenommenen Einteilung in drei verschiedene Nutzergruppen unterteilt:

Nutzergruppe 1: ReO mit Funktion Rechnung per Email

Nutzergruppe 2: ReO mit Funktion Benachrichtigung per Email

Nutzergruppe 3: ReO (ohne weitere Funktionen)

Außerdem wurden Zukunftsszenarien erstellt. Ausgehend vom Jahr 2005 (*Ausgangssituation 2005*) wurden zwei mögliche Zukunftsszenarien für das Jahr 2010 entwickelt: das Szenario *Business as Usual 2010*, das von einer Trendfortschreibung zwischen 2005 und 2010 ausgeht und das Szenario *Ökologisch optimiert 2010*, dem mögliche ökologisch vorteilhafte Entwicklungen zugrunde liegen.

Das Ergebnis zeigte beim Vergleich der beiden Alternativen für alle betrachteten Nutzergruppen einen signifikanten Umweltvorteil für ReO, zieht man etwaige Ausdrücke nicht in Betracht. Eine zentrale Aussage der Studie lautet allerdings auch: Entscheidend für den Vergleich von ReO und RpB ist das Nutzerverhalten der Kunden im Umgang mit ReO. Dies ist im Folgenden ausgeführt:

Nutzergruppe 1 ReO mit Funktion Rechnung per Email: Charakterisiert durch eine nur sehr kurze Nutzung von Computer etc. für den Download der Email durch die Kunden und einen relativ geringen Datentransfer über das Internet, zeigen sich in Nutzergruppe 1 signifikante Vorteile von ReO gegenüber RpB: ReO verursacht Umweltbelastungen nur in einer Größenordnung von maximal 26 % (Treibhauspotenzial; *Ausgangssituation 2005*) bzw. maximal 20 % (Treibhauspotenzial; *BaU 2010* und *Ökologisch optimiert 2010*) der

Umweltbelastungen von RpB. Allerdings verschiebt sich dieser Vergleich zugunsten von RpB, wenn die Rechnung ausgedruckt wird. Dies soll am Beispiel des Treibhauspotenzials verdeutlicht werden. In 2005 gilt: Die Belastung durch Rechnung Online mit Ausdruck ist nur dann grösser als die Belastung durch Rechnung per Brief, wenn einseitig auf Frischfaserpapier ausgedruckt wird. Der doppelseitige Ausdruck auf Frischfaserpapier und der einseitige Ausdruck auf Recyclingpapier liegen in der Grössenordnung der Belastung durch Rechnung per Brief. Das gleiche gilt für das Szenario *Business as Usual 2010*. Im Szenario *Ökologisch optimiert 2010* steht Rechnung per Brief besser da; dabei muss man aber beachten, dass mit der zweimonatigen Rechnungsstellung auch für RpB eine Optimierungsmaßnahme mit nicht unerheblichem Effekt berücksichtigt wurde.

Nutzergruppe 2 ReO mit Funktion Benachrichtigung per Email: Nutzergruppe 2 tritt nur im Szenario *Ausgangssituation 2005* auf und unterscheidet sich von Nutzergruppe 1 dahingehend, dass neben dem Email-Download auch der Zugriff auf die Online-Anwendung von *Rechnung Online* notwendig ist, um die Rechnungsdaten einzusehen bzw. herunterzuladen. Dadurch bedingt, wird die Computernutzungszeit länger und mehr Daten müssen über das Internet transferiert werden. Beides bedingt einen Anstieg der Umweltbelastungen gegenüber Nutzergruppe 1. Im Vergleich zu RpB verursacht ReO NG 2 nur maximal 51 % der Belastungen. Wird die Rechnung ausgedruckt, so sieht der Vergleich grundsätzlich ganz ähnlich wie bei Nutzergruppe 1 aus: Der Ausdruck auf Recyclingpapier führt allerdings beim einseitigen Ausdruck der kompletten Rechnung schon zu höheren Belastungen als RpB. Beim Frischfaserpapier liegt der Break-Even Punkt schon bei weniger als dem einseitigen Ausdruck der Rechnung, d.h. bei 2,04 Blatt. Auch hier ist der Hinweis angebracht, dass diese Berechnung davon ausgeht, dass jeder Kunde die Rechnung ausdruckt. Konkret bedeutet dies, dass der Ausdruck von mehr als 80 % der Kunden auf 2,04 Blatt Frischfaserpapier das Äquivalent zu RpB darstellt. Für einen Ausdruck auf 4,08 Blatt Frischfaserpapier beträgt das Äquivalent zu RpB mehr als die Hälfte der Kunden.

Nutzergruppe 3 ReO „pur“: Nutzergruppe 3 zeichnet sich infolge zweimaligen Zugriffs auf die Website von *Rechnung Online* und die Nutzung eines Auswertetools durch die Kunden durch die längste Computernutzungszeit aller betrachteten Nutzergruppen aus. Zudem werden deutlich mehr Daten transferiert als bei den anderen Nutzergruppen. Insgesamt führt dies im Szenario *Ausgangssituation 2005* dazu, dass ReO bei dieser Nutzergruppe im Vergleich zu RpB nur maximal 77 % der Umweltbelastungen verursacht. Dieses Ergebnis ist damit ebenfalls signifikant besser. Kommen allerdings Ausdrucke hinzu, so ist zumindest für das Treibhauspotenzial die Größenordnung von RpB schon beim Ausdruck einer Seite erreicht. Im Szenario *BaU 2010* verschiebt sich das Ergebnis zugunsten von ReO: Beim doppelseitigen Ausdruck der Rechnung auf Recyclingpapier ist das Ergebnis von ReO in der gleichen Größenordnung wie RpB. Der Ausdruck auf Frischfaserpapier hingegen führt für den einseitigen Ausdruck zu mehr Belastungen als bei RpB. Würden allerdings nur 45 % der ReO-Kunden ihre Rechnung einseitig (d.h. 4,08 Blättern) auf Frischfaserpapier ausdrucken

und die anderen Kunden auf einen Ausdruck verzichten, wären die Belastungen äquivalent zu RpB.

Die zentralen Empfehlungen, die sich aus der Studie ableiten lassen, sind nachfolgend dargestellt. Die Empfehlungen beziehen sich sowohl auf ReO als auch auf RpB und stellen Maßnahmen dar, die direkt T-Com betreffen, darüber hinaus aber auch Maßnahmen, die die jeweiligen Kunden ggf. mit Unterstützung von T-Com treffen könnten.

Für ReO können folgende Empfehlungen getroffen werden:

- Erhöhung der Energieeffizienz der zentralen Technik, erreicht durch eine bessere Auslastung vorhandener und neu hinzugenommener Rechner-Kapazitäten sowie die Optimierung der Klimatechnik.
- Auf eine separate Versendung der Rechnungsbeilage an ReO-Kunden sollte auch weiterhin verzichtet werden.
- Attraktive Gestaltung von ReO, so dass ein Ausdruck möglichst wenig wünschenswert erscheint. Darüber hinaus könnte sich T-Com für die Verwendung von Recyclingpapier durch die Kunden engagieren und den Verzicht des Ausdrucks empfehlen.

Für RpB werden folgende Empfehlungen getroffen:

- Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen mit aller Deutlichkeit, dass die bisherige Praxis beibehalten werden sollte, sowohl für die Rechnung selbst als auch für das Rechnungskuvert Recyclingpapier (mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“) zu verwenden. Auf einen Wechsel der Grammatr von 75 g/m² auf 80 g/m² sollte ebenfalls verzichtet werden.
- Einen erheblichen Vorteil würde die Versendung der Rechnung per Brief in einem zweimonatigen Rhythmus bringen. Es wird deshalb empfohlen diese Maßnahme zu prüfen. Möglicherweise ist sie nur für einen Teil der Kunden durchführbar. Doch auch dies würde Umweltvorteile bringen.
- Vorteile würde auch ein Verzicht auf die Rechnungsbeilage bringen. Entsprechend sollte überprüft werden, inwiefern der Anteil Rechnungen mit Rechnungsbeilage von den bisherigen 48,1 % weiter reduziert werden kann.

Über die Empfehlungen hinaus, die sich direkt auf der Basis der Ökobilanz formulieren lassen, sind folgende weitere Optimierungsansätze möglich:

- Da T-Com selbst auch Endgeräte vertreibt, liegt im umweltverträglichen Design dieser Endgeräte (z.B. größtmögliche Energieeffizienz, schadstoffarme Materialien) ein weiterer Ansatz für eine Reduktion der Umweltbelastungen.
- Für die Kunden von ReO liegt der beste Optimierungsansatz in einem Verzicht auf den Ausdruck der Rechnung und einer möglichst geringen Computernutzungszeit für Download und Auswertung. Falls dennoch ein Ausdruck benötigt wird, sollte auf

Recyclingpapier gedruckt werden. Hier kann speziell Recyclingpapier empfohlen werden, das mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ ausgezeichnet ist. Bei der Verwendung von Frischfaserpapier, sollte auf die Verwendung von Papier geachtet werden, das mit dem FSC-Siegel ausgezeichnet ist. Das bei der Papierherstellung verwendete Holz stammt dann aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

- Für die Rechnungsbeilage wäre ein Wechsel auf Papier sinnvoll, dass FSC-zertifiziert ist oder auf Recyclingpapier.

Abschließend wurde im Projekt kurz beleuchtet, welche Maßnahmen denkbar wären, die für Privatkunden einen Anreiz für den Wechsel von RpB auf ReO schaffen und gleichzeitig einen Bezug zur Umweltthematik herstellen. Geprüft wurde die Einreichung eines Neuvorschlags für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für ReO sowie die Möglichkeit des Umweltsponsorings.

2 Einführung zum Bericht

Die T-Com¹ (früher Deutsche Telekom AG) bietet ihren Kunden seit 1997 optional die Telefonrechnung in elektronischer Form an und nicht mehr wie bislang üblich nur in Briefform (im Folgenden *Rechnung per Brief*, abgekürzt *RpB*, genannt). Diese elektronische Rechnung (im Folgenden *Rechnung Online*, abgekürzt *ReO*, genannt) wird sowohl für Privatkunden als auch für Geschäftskunden angeboten.

2001 wurde Telekom-intern eine Studie zum Vergleich des Primärenergieaufwandes von Rechnung Online mit der *Rechnung per Brief* durchgeführt. In dieser Studie wurde ermittelt, dass mit Rechnung Online höhere Primärenergieaufwendungen verbunden sind als mit der *Rechnung per Brief*; allerdings war bei steigenden Kundenzahlen für Rechnung Online eine Umkehrung zu erwarten.

Im Rahmen einer Ökobilanz sollte geklärt werden, welche Umweltauswirkungen aktuell mit beiden Rechnungsalternativen verbunden sind und welche Veränderungen aufgrund veränderten Nutzerverhaltens und veränderter Hardware-Ausstattung zukünftig zu erwarten sind. Dabei sollten abgesehen vom Primärenergieaufwand auch weitere Umweltindikatoren einbezogen und die Nutzergruppen differenziert betrachtet werden.

Am 16. Februar 2004 fand diesbezüglich in Darmstadt ein Vorgespräch mit Vertreterinnen der T-Com und des Öko-Instituts statt.

¹ Der Gesamtkonzern Deutsche Telekom setzt sich aus fünf Unternehmensbereichen zusammen: der Konzernzentrale mit den Shared Services sowie den vier Säulen T-Com, T-Mobile, T-Systems und T-Online. Die Festnetztelefonie ist bei T-Com angesiedelt.

Der Bericht setzt sich folgendermaßen zusammen:

In Kapitel 3 werden die Zielsetzung und der Untersuchungsrahmen der Studie erläutert. Hierzu werden die beiden untersuchten Systeme – RpB und ReO – beschrieben, die funktionelle Einheit festgelegt sowie u.a. Angaben zu Datenerhebung, Datenqualität und den angewandten Allokationsregeln gemacht. In Kapitel 4 wird detailliert auf die konkreten der Studie zugrunde liegenden Annahmen und die Datengrundlage eingegangen. Nicht zuletzt werden hier auch die Annahmen zu den untersuchten Nutzergruppen und den Zukunftsszenarien beschrieben. Kapitel 5 stellt übersichtsartig die Vorgehensweise bei der Erstellung der Wirkungsabschätzung dar, die weiteren Details finden sich in Anhang 7.

Die Ergebnisse der Studie sind in Kapitel 6 dargestellt. Die Ergebnisdarstellung ist nach Szenarien gegliedert, zunächst wird auf die *Ausgangssituation 2005* eingegangen, danach auf die beiden Zukunftsszenarien *Business as Usual 2010* und *Ökologisch optimiert 2010*. Neben einer Darstellung der Gesamtergebnisse erfolgt in den jeweiligen Unterkapiteln auch eine Prüfung von Sensitivitäten z.B. bezüglich eines Ausdrucks von ReO.

Die Schlussfolgerungen und Empfehlungen finden sich in Kapitel 7. Kapitel 8 beinhaltet das Literaturverzeichnis. In Kapitel 9 ist das externe kritische Gutachten dargestellt.

3 Zielsetzung und Untersuchungsrahmen

3.1 Zielsetzung und Anwendung, Zielgruppen

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchung wurden folgende Zielsetzungen verfolgt:

- Das zentrale Untersuchungsziel der Studie bestand darin, die mit den beiden Alternativen *Rechnung Online* und *Rechnung per Brief* verbundenen **Umweltauswirkungen** auf der Grundlage einer Ökobilanz darzustellen und in geeigneter Form auszuwerten.
- Die Ökobilanz sollte so durchgeführt werden, dass **nutzergruppenspezifische Unterschiede** dargestellt und entsprechende Optimierungspotenziale ausgewiesen werden können.
- Es sollte im Rahmen von **Zukunftsszenarien** dargestellt werden, ob – ggf. nutzergruppenspezifisch – durch veränderte Hardwarebestände, Änderungen im Nutzerverhalten etc. zukünftig Veränderungen für den Vergleich zwischen *Rechnung Online* und *Rechnung per Brief* zu erwarten sind.

Entsprechend der genannten Ziele gibt es zwei Hauptanwendungen der angebotenen Ökobilanz: Zum einen liegt sie T-Com-intern in der Optimierung des Produktes *Rechnung Online*. Zum anderen liegt sie aber auch in der externen Kommunikation an Endkunden, z.B. hinsichtlich der ggf. sehr spezifischen Umweltvorteile für bestimmte Nutzergruppen. Darüber hinaus soll sie auch interessierte Kreise adressieren (z.B. Papierindustrie, Umweltorganisationen).

Die hier dargestellte Studie wurde entsprechend den Anforderungen an den Stand von Wissenschaft und Technik nach DIN EN ISO 14040 ff. durchgeführt.

3.2 Nicht intendierte Anwendungen

Der Anwendungsbereich der Studie liegt im Vergleich der beiden betrachteten Systeme zur Bereitstellung, Nutzung und Entsorgung von Telefonrechnungen. Er bezieht sich außerdem auf die festgelegten Rahmenbedingungen (z.B. zu Nutzergruppen, Zukunftsszenarien). Soll eine Aussage zu signifikant anderen Rahmenbedingungen getroffen werden, so kann dies auf der Basis dieser Studie allenfalls nach einer sorgfältigen Prüfung erfolgen; möglicherweise müssen dazu aber auch weitere Untersuchungsschritte durchgeführt werden.

Ebenso lassen sich die Ergebnisse der Studie nicht ohne weiteres auf andere, ähnlich gelagerte Problemstellungen übertragen, z.B. den Vergleich der postalischen Versendung von Kontoauszügen mit deren elektronischer Bereitstellung. Noch weniger stellen sie eine Aussage bezüglich virtueller Produkte im Allgemeinen dar. Beispielsweise ließe sich aus den Ergebnissen dieser Studie keine Aussage etwa zum Vergleich von elektronischen mit herkömmlichen Telefonbüchern ableiten.

3.3 Kurzbeschreibung der untersuchten Systeme

Die beiden untersuchten Systeme Telefonrechnung per Brief (RpB) und elektronische Rechnung bzw. *Rechnung Online* (ReO) umfassen jeweils die Bereitstellung der Telefonrechnung in der Form, in der sie an die Kunden verschickt wird. Im Fall von RpB ist dies die gedruckte und kuvertierte Rechnung. Im Fall von ReO handelt es sich um die Bereitstellung der Rechnungsdaten auf T-Com-eigenen Servern. Die Systeme umfassen des Weiteren die Sortierung und Distribution der Rechnung per LKW (RpB) bzw. die Distribution der Rechnung über das Internet (ReO). Die Nutzung der Telefonrechnung durch die Kunden wird im Fall der RpB mangels Relevanz nicht betrachtet, während sie im Fall von ReO die Nutzung der Endgeräte in den Haushalten (z.B. Computer, Drucker etc.) für Download und gegebenenfalls elektronische Auswertung und Ausdruck sowie für letzteres die Papierbereitstellung umfasst. Zuletzt wird auch die Entsorgung bzw. das Recycling des für Rechnung per Brief und ggf. die Ausdrücke verwendeten Papiers einbezogen.

3.4 Funktionen der Systeme, funktionelle Einheit und Referenzflüsse

Die beiden betrachteten Systeme üben grundsätzlich die gleiche Funktion aus: Sie sichern die Versorgung der Festnetzkunden der T-Com mit ihrer monatlichen Telefonrechnung, deren Nutzung sowie deren Entsorgung. Gerade beim Vergleich von virtuellen mit herkömmlichen Produkten tritt durch Zusatzfunktionen der elektronischen Variante immer wieder das Problem der unterschiedlichen Funktionen der zu vergleichenden Systeme auf.

So auch hier: Der bei ReO optional verfügbaren elektronischen Auswertemöglichkeit steht bei RpB die manuelle Auswertung gegenüber. Der etwaige Zusatznutzen der elektronischen Auswertefunktionen wurde in der Betrachtung vernachlässigt. Dies geschah auch vor dem Hintergrund der Erfahrungen von T-Com, dass die Kunden von ReO diese Möglichkeit nur in sehr geringem Umfang nutzen, von der Funktion her also nur wenig Unterschied zwischen beiden Systemen besteht.

Bei RpB liegt die monatliche Telefonrechnung physisch im Briefkasten. Die Information ist sofort, ohne weiteren Handlungsbedarf für die Kunden verfügbar. Bei ReO liegt die entsprechende Information den Kunden erst dann vor, nachdem sie selbst aktiv geworden sind und ihre Email abrufen bzw. einen Download der Rechnungsdaten von der Website von *Rechnung Online* durchführen. Um die Rechnung auch physisch in den Händen halten zu können, ist es sogar erforderlich, dass die Kunden ihre Rechnung mit dem eigenen Drucker ausdrucken. Es findet somit ganz offensichtlich eine Verschiebung der Verantwortlichkeiten statt und der Nutzen, der mit den beiden Alternativen RpB und ReO verknüpft ist, ist aus Kundensicht nicht äquivalent. Wie dies allerdings von Kundenseite bewertet wird, ist unterschiedlich: Teilweise wird – aufgrund der oben genannten Arbeitsschritte bis Kunden das physische Äquivalent von RpB in den Händen halten können – die geringere Bequemlichkeit von ReO gegenüber RpB beklagt. Teilweise wird der Wegfall der erforderlichen Handhabung der Rechnung per Brief (z.B. physische Ablage in Ordner) allerdings auch als bequemer empfunden, da sie durch die als weniger aufwändig empfundene elektronische Ablage ersetzt werden kann. Festgehalten werden muss an dieser Stelle auch, dass vielen Kunden die Tatsache bewusst ist, dass T-Com durch den Wechsel von RpB auf ReO Kosten einspart. Kosten, die z.T. von den Kunden getragen werden müssen (z.B. Kosten für Download, Ausdruck).

RpB ist teilweise eine Rechnungsbeilage mit Informationen zu speziellen Angeboten beigelegt. Es erhalten nur solche Kunden eine Rechnungsbeilage, die sich nicht aktiv gegen die Zusendung von Werbematerial durch T-Com ausgesprochen haben. Die gleichen Inhalte sind für ReO-Kunden auf der Website von *Rechnung Online* zugänglich bzw. werden in Form eines Internet-Links per Email zugesandt. Es ist zu erwarten, dass ein Teil der Kunden den angegebenen Email-Link nutzt oder sich auf der Website von ReO die Angebote ansieht und so seinen PC länger nutzt als dies zum Herunterladen und Anschauen der Telefonrechnung nötig wäre. Dadurch verbraucht dieser Teil der Kunden – ausgelöst durch die Werbehinweise in Verbindung mit ReO – mehr Energie als für die Nutzung der Telefonrechnung erforderlich wäre. Dieser Aspekt ist bislang mengenmäßig nicht erfasst worden und wurde in der Bilanz nicht berücksichtigt.

RpB ist durch das Finanzamt anerkannt. Diese Anerkennung wird für ReO ab dem Jahr 2005, dem Basisjahr der Untersuchung, ebenfalls vorliegen. Hier besteht entsprechend eine funktionale Äquivalenz beider Systeme.

Die funktionelle Einheit wurde festgelegt als die

„Nutzung der Telefonrechnung durch 1.000 Kunden für den Zeitraum von einem Jahr“.

Der Begriff *Nutzung* beinhaltet den Erhalt mit seinen Vorprozessen (z.B. Rechnungserstellung und Distribution) sowie die Auswertung der Rechnung (z.B. Download, Nutzung Auswertetool, Ausdruck).

Der Referenzfluss umfasst damit „12.000 Nutzungen von Telefonrechnungen“ für die Ausgangssituation 2005 und das Szenario *Business as Usual 2010* bzw. „6.000 Nutzungen von Telefonrechnungen“ für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010*.

3.5 Lebensweg und Systemgrenzen

Der Lebensweg einer Telefonrechnung besteht im Kern aus der Bereitstellung der Rechnung, ihrer Nutzung und ihrer Entsorgung bzw. ihrem Recycling. Abb. 1 stellt diese Lebenswegphasen im Überblick dar.

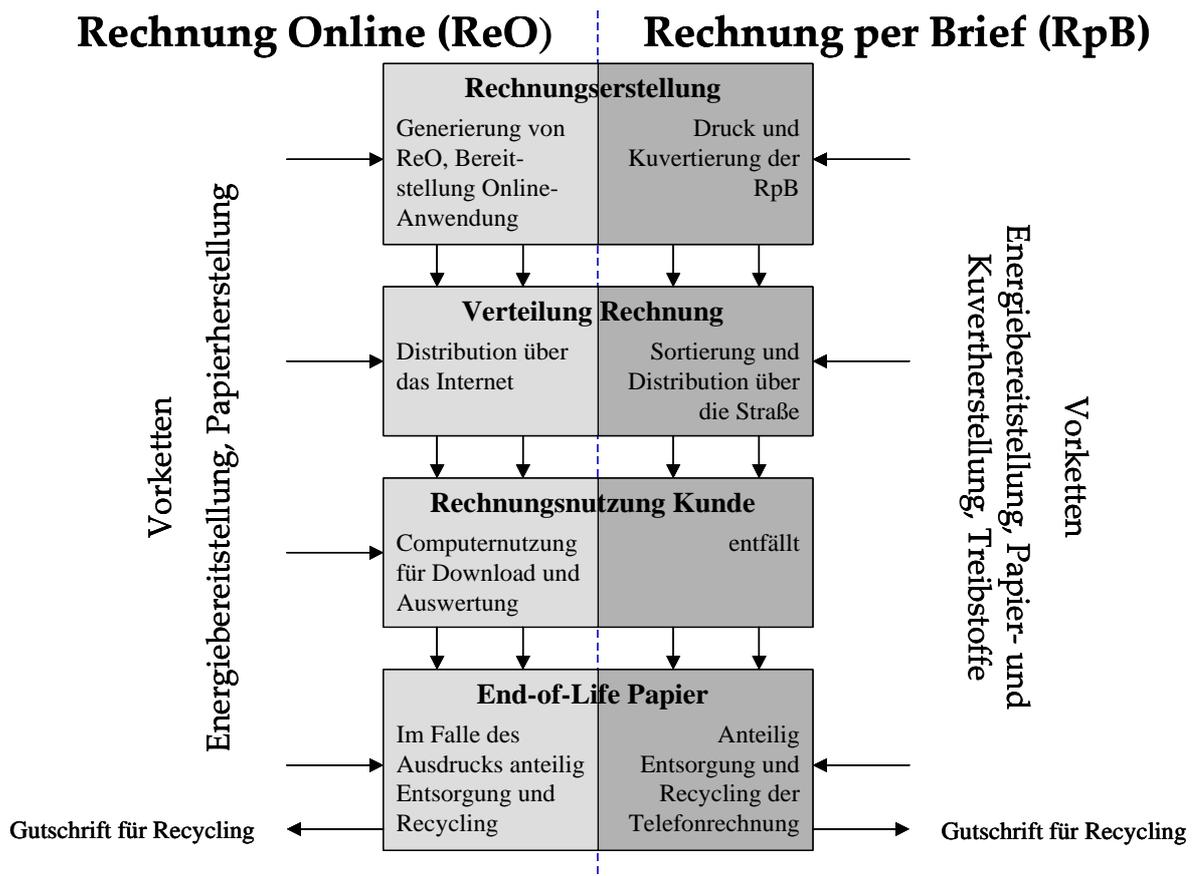


Abb. 1: Überblick über den Lebensweg von RpB und ReO.

Nicht betrachtet wurde die Vorhaltung der eigentlichen Rechnungsdaten aus der internen Rechnungsstellung der T-Com und die Übermittlung dieser Daten an die Druckzentren bzw. an die zentralen Rechner für ReO, da diese für beide Systeme gleichermaßen erfolgen muss. Schnittstelle ist jeweils das System, an dem die spezifische Rechnung erstellt wird, d.h. die Druckzentren im Fall von RpB bzw. die zentrale Technik für die Internetplattform und die Distribution der Emails im Fall von ReO.

Mit der Festlegung der Systemgrenzen wird bestimmt, welche Module in die ökobilanzielle Betrachtung aufgenommen werden sollen. Module wiederum stellen diejenigen Teile der untersuchten Systeme dar, für die zur Erstellung der Ökobilanz Daten gesammelt werden. Im Rahmen der Studie wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Das so genannte "Capital Equipment" (hier z.B. die Herstellung oder Entsorgung von Anlagen zum Druck der *Rechnung per Brief*) wird generell nicht erfasst; dies entspricht der gängigen Praxis in vielen bislang durchgeführten Ökobilanzen.
- Bestandteile der Systeme, die bezogen auf die o.a. Referenzflüsse mengenmäßig 5 % Anteil des kumulierten Energieaufwandes unterschreiten, werden im Hinblick auf die stofflichen und energetischen Vorketten nicht weiter bilanziell verfolgt.
- Die Herstellung der Endgeräte in den privaten Haushalten sowie die Herstellung der zentralen Technik wurden nicht einbezogen (vgl. Begründung weiter unten im Text).

Die konkreten Systemgrenzen mit den einbezogenen Prozessen sind in Tab. 1 dargestellt und in den nachfolgenden Abb. 2 und Abb. 3 nochmals konkretisiert, insbesondere auch, was die nicht berücksichtigten Teilprozesse angeht. Im Text nach der Tabelle ist erläutert, welche Einschränkungen vorgenommen wurden. Zu den Gutschriften siehe die Erläuterungen in Kapitel 3.7.

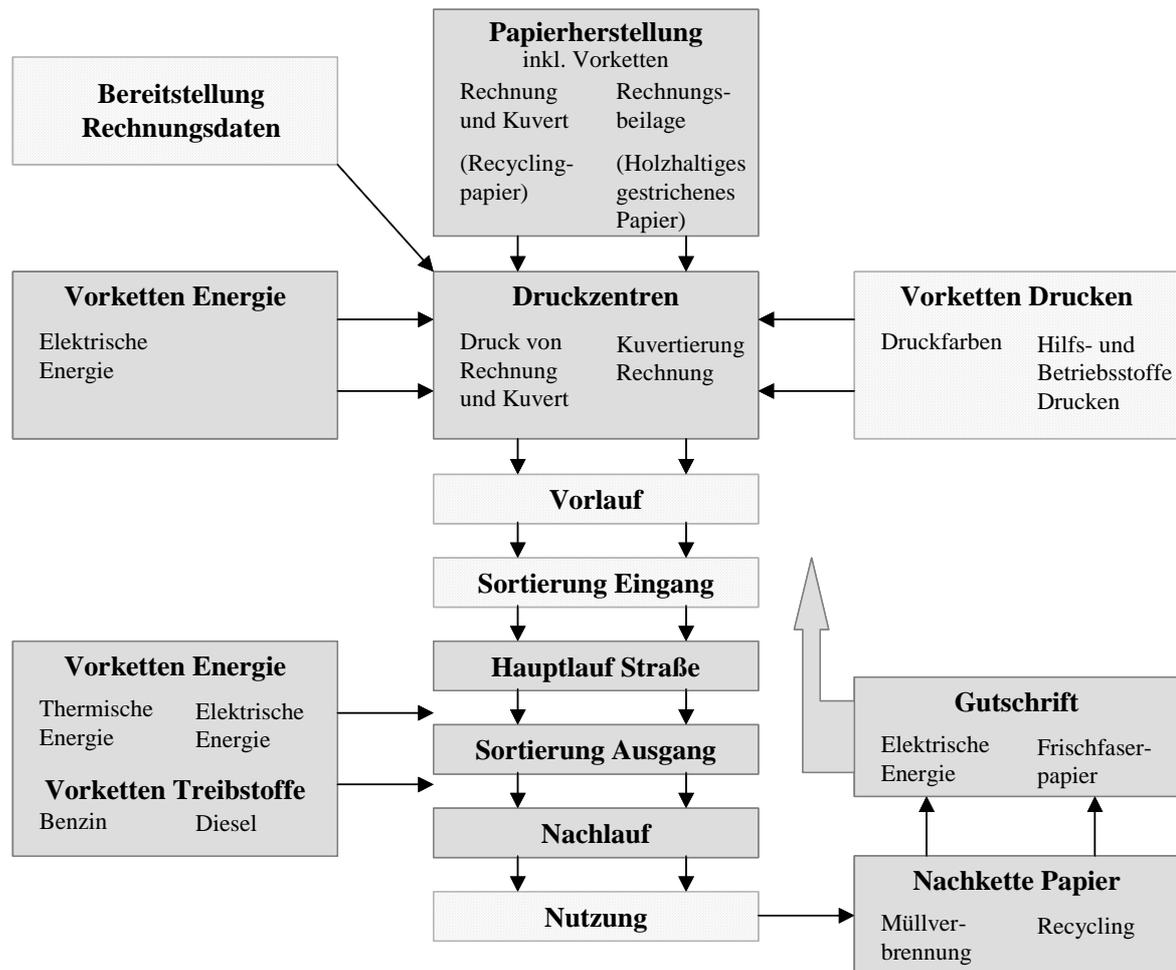


Abb. 2: Überblick über die für die Bilanzierung von RpB berücksichtigten Teilprozesse (dunkelgrau hinterlegt). Die hell hinterlegten Teilprozesse sind in der Bilanz nicht enthalten.

Die Distribution von RpB erfolgt in mehreren Schritten. Nach der Erstellung der Rechnung in den jeweiligen Druckzentren erfolgt der Transport der RpB zu den Eingangssortierzentren (Vorlauf). Dort werden die Rechnungen entsprechend ihren Zustellorten sortiert (Sortierung Eingang). Aufgrund der relativen Nähe der Druckzentren zu den Eingangssortierzentren und der vorsortierten Rechnungserstellung sind der Vorlauf ebenso wie die Eingangssortierung weniger umfangreich als bei einem durchschnittlichen Brief. Die Einsammlung, d.h. der Transport der Briefe von einzelnen Briefkästen zu den Sammelstützpunkten entfällt ganz. Die sortierten Rechnungen werden per LKW in die Ausgangssortierzentren gebracht (Hauptlauf Straße) und dort entsprechend ihrer Zustellorte zusammengestellt (Sortierung Ausgang). Im letzten Schritt erfolgt die Zustellung der Rechnungen (Nachlauf).

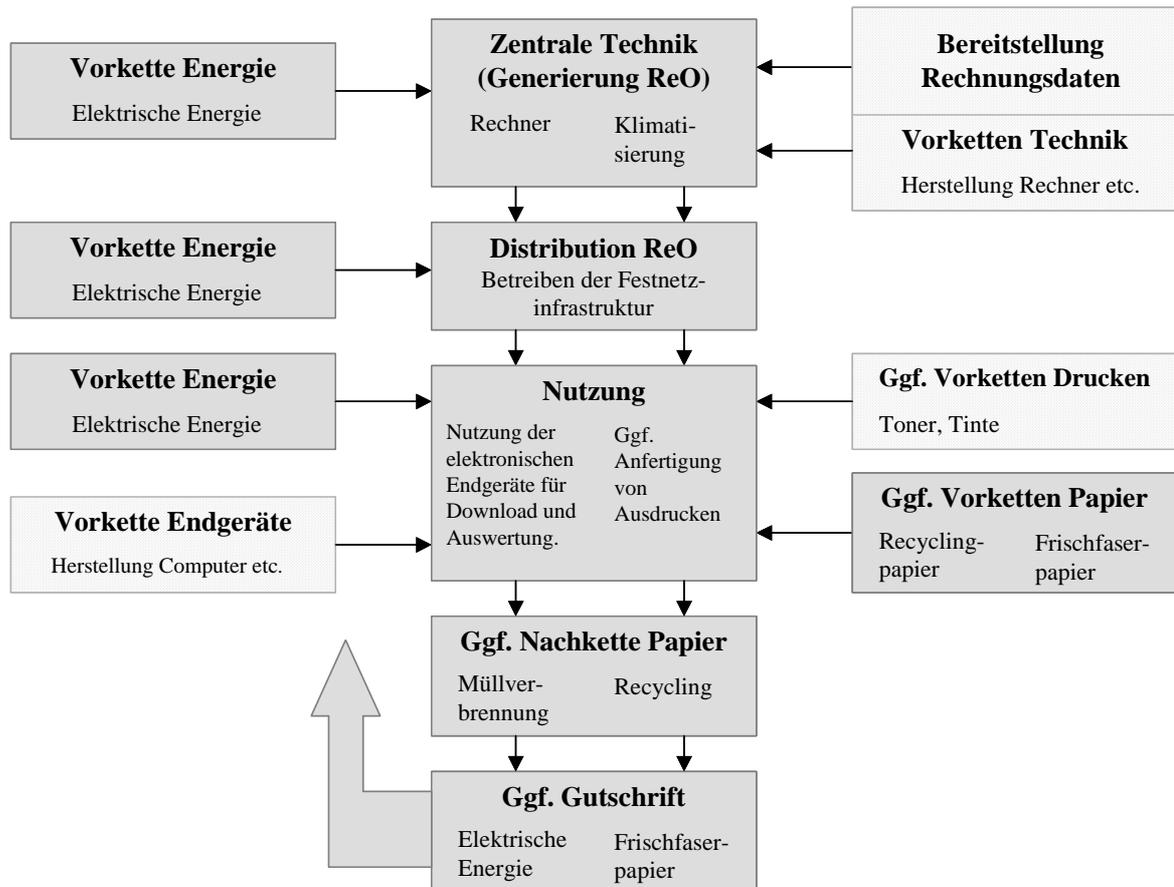


Abb. 3: Überblick über die für die Bilanzierung von ReO berücksichtigten Teilprozesse (dunkelgrau hinterlegt). Die hell hinterlegten Teilprozesse sind in der Bilanz nicht enthalten. Der Passus „ggf.“ bezieht sich auf die Sensitivitätsanalyse zum Ausdrucken.

Tab. 1: Übersicht über das betrachtete System für ReO und RpB (MVA: Müllverbrennung; der Passus „ggf.“ bezieht sich auf die Sensitivitätsanalyse zum Ausdrucken von ReO).

Lebenswegphase	Bezeichnung der Einzelschritte	ReO	Rechnung per Brief
Bereitstellung der Rechnung	Rechnungserstellung	Elektronisch; berücksichtigt wurden die entsprechenden Server + Klimatechnik, inkl. Webserver für Online-Anwendung	Druck und Kuvertierung, zusätzlich dazu Vorkette Papierherstellung
	Distribution	Emailversand bzw. Download	Sortierung und Distribution
Nutzung	Bezug	Computernutzung für Download	Gang zum Briefkasten (wird vernachlässigt)
	Kontrolle	Durchsicht Dokument; in Datei auf eigenem Rechner bzw. Online <i>Ggf.: Ausdruck (Frischfaserpapier / Recyclingpapier)</i>	Manuelle Kontrolle (wird vernachlässigt)
	Auswertung	Nutzung der Offline Auswertefunktion <i>Ggf.: Ausdruck (Frischfaserpapier / Recyclingpapier)</i>	Manuelle Auswertung, ev. Anfertigung von Kopien (wird vernachlässigt)
	Aufbewahrung	Elektronische Ablage (wird vernachlässigt) <i>Ggf.: Ablage von Ausdrucken in Ordner (wird vernachlässigt)</i>	Ablage in Ordner (wird vernachlässigt)
End-of-Life	Entsorgung	- <i>Ggf.: Entsorgung Ausdrücke mit Hausmüll (anteilig; Deponie, MVA)</i>	Entsorgung mit Hausmüll (anteilig; Deponie, MVA)
	Recycling	Löschen der elektronischen Ablage; Speicherplatz steht wieder zur Verfügung (wird vernachlässigt) <i>Ggf.: Altpapiersammlung und -aufbereitung f. Ausdrücke (anteilig; Basis für Gutschrift)</i>	Altpapiersammlung und -aufbereitung (anteilig; Basis für Gutschrift)

Einschränkungen. Nicht berücksichtigt wurden die Herstellung der zentralen Rechner für die Bereitstellung von *Rechnung Online* sowie die Herstellung der Endgeräte in den Haushalten. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden bestimmte Prozessschritte der Distribution von RpB (s.u.) sowie Vorketten des Druckens.

Zentrale Technik für die Bereitstellung von Rechnung Online. Aufgrund der Ergebnisse aus anderen, ähnlich gelagerten Studien kann geschlossen werden, dass die Herstellung der zentralen Technik (z.B. von Servern) im Vergleich zu deren Nutzung vernachlässigbar ist. Als Beispiel kann die im Jahr 2000 erstellte Studie zum virtuellen Anrufbeantworter T-NetBox angeführt werden (Gensch und Quack 2000). Im Rahmen dieser Studie wurde die erforderliche Hardware für die Bereitstellung des Dienstes T-NetBox detailliert erfasst und deren Herstellung anhand der enthaltenen Leiterplatten und Mikrochips (IC's) bilanziert. Mit diesem Vorgehen können erfahrungsgemäß die wesentlichen Umweltauswirkungen elektronischer Geräte erfasst werden. Das Ergebnis zeigte, dass die Umweltauswirkungen der Herstellungsphase deutlich unter 1 % der gesamten Belastungen liegen. Es besteht kein Grund anzunehmen, dass dies im vorliegenden Fall anders gelagert sein sollte.

Endgeräte in den Privathaushalten.

Die Endgeräte – PC und Peripheriegeräte – in den privaten Haushalten werden nicht in die Bilanz einbezogen. Es wird angenommen, dass die für die Nutzung von Rechnung Online erforderliche Computerausstattung in den privaten Haushalten, die diese Rechnungsform nutzen, jeweils schon vorhanden ist. Entsprechend liegt die Herstellung der Hardware außerhalb der definierten Systemgrenzen.

Hintergrund. Die Nutzungszeit für den Download und die Auswertung von ReO liegt je nach Nutzergruppe zwischen 12 Minuten bei Nutzergruppe 1 und zwei Stunden pro Jahr bei Nutzergruppe 3. Bei ReO handelt es sich zudem um einen im Gesamtkontext des Alltags gesehen relativ unbedeutenden Vorgang. Die Rechnung muss zwar kontrolliert und bezahlt, ggf. auch abgelegt werden, ihr liegt aber kein weiterer Nutzen inne. Es kann angenommen werden, dass sich kein Haushalt speziell für die Nutzung von ReO einen Computer mit Internetanschluss anschaffen würde. Im Vordergrund stehen andere Nutzungen wie privater Emailverkehr, die Suche nach Informationen sowie Online Banking und der Kauf von Büchern oder anderen Gütern. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass Haushalte mit Kindern einen signifikant höheren Anteil an Internetanschlüssen besitzen; ebenso korreliert die Ausstattung der Haushalte mit Internetanschlüssen mit der Höhe des Einkommens (vgl. destatis 2002). Offensichtlich greifen hier also ganz andere Kaufmotivationen bei der Beschaffung von PC und Internetanschluss. Vor diesem Hintergrund wurde bei der Festlegung der Szenarien in der Studie auch nur der Anteil an Haushalten berücksichtigt, der bereits einen Internetanschluss besitzt bzw. voraussichtlich im Jahr 2010 besitzen wird.

Um eine größtmögliche Transparenz zu gewährleisten wird im Folgenden aber ergänzend die mögliche Relevanz der Einbeziehung der Herstellung des PC anhand des

Primärenergiebedarfs diskutiert. Im ersten Schritt wird am Beispiel des kumulierten Energieaufwandes (KEA) für einen Computer in einem durchschnittlichen Privathaushalt aufgezeigt, welche Bedeutung die Nutzung im Vergleich zur Herstellung am gesamten KEA über die Lebensdauer des Computers besitzt. Es wird zum zweiten auf den Ergebnisteil verwiesen (Kapitel 6), in dem ebenfalls beispielhaft für den KEA aufgezeigt wird, wie eine anteilige Berücksichtigung der Herstellungsphase das Ergebnis beeinflussen würde.

Es gibt keine gesicherten Daten zur Nutzungsdauer von Computern in privaten Haushalten. In der Literatur werden Nutzungsdauern zwischen zwei und sechs Jahren angegeben (NSC 1999, Morf et al. 2002). Für den Gebrauch in Unternehmen erscheint in Deutschland die Annahme einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von PC und Peripheriegeräten von drei Jahren angemessen, da die steuerlich maßgebliche Nutzungsdauer und damit die mögliche Abschreibung für Abnutzung (AfA, vgl. urbs 2005) einen Zeitraum von drei Jahren vorsieht. Für private Haushalte erscheint eine durchschnittliche Nutzungsdauer von drei Jahren allerdings zu kurz. Um die Relevanz der Herstellungsphase aufzuzeigen, wird deshalb an dieser Stelle eine Nutzungsdauer von vier Jahren angenommen. Dies entspricht der Festlegung in ähnlichen Studien (z.B. Kamburow 2004, Schischke et al. 2003, Reichart und Hischier 2001).

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über durchschnittliche jährliche Nutzungszeiten von PCs in privaten Haushalten.

Tab. 2: Überblick über die jährlichen Nutzungszeiten von PCs in privaten Haushalten (Quelle: Cremer et al. 2003)

	Einheit	Normalbetrieb	Bereitschaft	Summe
PC-Nutzung 2005	h/a	425	1417	1842
PC-Nutzung 2010	h/a	480	1656	2136

In der Studie von Atlantic and IPU (1998) wurde ein Primärenergiebedarf für die Herstellung eines Desktop-PCs einschließlich Röhrenmonitor von 3.630 MJ errechnet. Unter den eben dargestellten Nutzungsbedingungen (Nutzungsdauer 4 Jahre, zu den Nutzungszeiten siehe Tab. 2) und unter Berücksichtigung der in Tab. 49 dargestellten Energieverbräuche, ergibt sich ein kumulierter Energieaufwand in der Nutzungsphase von 5.420 MJ. Dies entspricht, bezogen auf das Jahr 2005, einer Aufteilung des Gesamt-KEA in 40 % für die Herstellungs- und 60 % für die Nutzungsphase. Bezogen auf das Jahr 2010 kommt es infolge der höheren Nutzungszeiten mit einem KEA von 6.020 MJ zu einer leichten Verschiebung der Anteile zu Lasten der Nutzungsphase auf einen Anteil von 62 % am gesamten kumulierten Energieaufwand.

Insgesamt gilt damit, dass der Anteil der Nutzungsphase am KEA deutlich größer ist als der Anteil der Herstellungsphase. Allerdings ist die Nutzungsphase unter den beschriebenen

Bedingungen nicht so dominant, dass die Berücksichtigung der Herstellungsphase bei der Betrachtung von Computernutzungen grundsätzlich obsolet schiene.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass der prozentuale Anteil der Nutzung von ReO an der Nutzungszeit eines Computers in Normalbetrieb und Bereitschaft über seine Nutzungsdauer von 4 Jahren je nach Nutzergruppe und zeitlichem Bezug nur zwischen 0,003 % und 0,027 % beträgt. Entsprechend müssten – bei Berücksichtigung der Herstellungsphase – diese Anteile am Herstellungsaufwand einbezogen werden. In Kapitel 6 wird dies beispielhaft für den KEA gesamt diskutiert.

Tab. 3: Überblick über den Anteil der ReO-Nutzung an der Nutzung von PCs in privaten Haushalten im Normalbetrieb über seine gesamte Nutzungsdauer.

Nutzergruppe	PC-Nutzung für ReO Stunden/Jahr	Anteil an Normalbetrieb und Bereitschaft pro Jahr bei einer Nutzungsdauer von 4 Jahren	
		2005	2010
ReO Nutzergruppe 1	0,2	0,003 %	0,002 %
ReO Nutzergruppe 2	1,2	0,016 %	0,014 %
ReO Nutzergruppe 3	2,0	0,027 %	0,024 %

Die Betrachtung anderer Wirkungskategorien könnte zu einem etwas anderen Ergebnis kommen. Im Falle der metallischen Ressourcen etwa könnte die Herstellungsphase stärker ins Gewicht fallen. Dieser Frage nachzugehen war im Rahmen der vorliegenden Überarbeitung der Studie im Verlauf des kritischen Prüfverfahrens nicht möglich und müsste Gegenstand einer ergänzenden Untersuchung sein. Anzumerken ist hierbei aber auch, dass es sich bei der Wirkungskategorie „metallische Ressourcen“ nicht im eigentlichen Sinne um eine umweltrelevante Wirkungskategorie handelt. Da die oftmals sehr hohen Aufwendungen der Rohstoffgewinnung bereits durch umweltbezogene Wirkungskategorien abgedeckt sind, handelt es sich eigentlich eher um eine soziale Wirkungskategorie. Diese würden per se nicht in eine Ökobilanz gehören, es wäre überdies zum momentanen Zeitpunkt sehr schwierig, den entsprechenden Beitrag zu beziffern.

Distribution RpB. RpB wird in einer der 8 bundesweit vorhandenen Druckzentren von der Deutschen Post PrintCom GmbH (im folgenden PrintCom), einer Unternehmenstochter der Deutsche Post World Net, gedruckt, diese liegen in räumlicher Nähe zu den Briefausgangszentren. Die Einsammlung – bei typischen Briefen erfolgt die Einsammlung aus den einzelnen Briefkästen und Postfilialen – entfällt komplett, da die Briefe gesammelt in die Eingangszentren gebracht werden können und der Vorlauf ist aufgrund der geringen Entfernung zwischen Druck- und Sortierzentren in weitaus geringerem Umfang erforderlich als für einen normalen Brief. Dementsprechend kann begründet werden, dass diese beiden Prozessschritte – auch in Ermangelung spezifischer Daten – in der Untersuchung ausgeklammert werden, ohne dass dies ergebnisrelevant wäre. Ähnlich sieht es für die

Eingangssortierung aus. RpB wird schon vorsortiert ausgedruckt und kann deshalb an späterer Stelle in die Sortierstraße eingebracht werden als dies für einen normalen Brief geschieht. Auch hier gilt, dass spezifische Daten zu dem damit verbundenen geringeren Energiebedarf im Projektrahmen nicht zu ermitteln waren. Angesichts des relativ hohen Anteils, den die Eingangssortierung aufgrund ihres Bedarfs an elektrischer und thermischer Energie an der Umweltbelastung hat (vgl. dazu Kapitel 4.2.1.5), ist die Vernachlässigung gerade dieses Prozessschrittes allerdings eine tendenzielle Begünstigung von RpB. Bei einer Verfeinerung der Analyse sollte deshalb überprüft werden, inwiefern eine anteilige Zurechnung des Vorlaufes und insbesondere des Eingangssortieraufwandes gerechtfertigt wäre. Die Annahmen für die Berechnungen sind insgesamt sehr konservativ und damit zu Gunsten von RpB. Hintergrund ist die Bestrebung, dass Aussagen hinsichtlich von ReO belastbar sein sollen.

Vorketten des Druckens. Abgesehen vom Energiebedarf für das Drucken, der sowohl bei RpB als auch bei ReO (wenn Ausdrücke angefertigt werden) berücksichtigt wurde, werden keine Druckfarben, Tinten und Toner in die Untersuchung einbezogen. Für diese Materialien lagen keine quantitativen Daten bezüglich des Verbrauchs vor. Ebenso lagen keine Daten zu ihren jeweiligen Vorketten vor. Geprüft wurde deshalb qualitativ anhand vorliegender Sicherheitsdatenblätter und Literaturangaben, inwiefern hier Probleme zu erwarten sind.

Druckfarben: Es werden Offsetdruckfarben verwendet. Die Prüfung der vorliegenden Sicherheitsdatenblätter ergab, dass es sich dabei nicht um gefährliche Zubereitungen im Sinne des Chemikaliengesetzes handelt.

Toner und Tinten: Sowohl beim Gebrauch von Tintenstrahldruckern als auch beim Gebrauch von Laserdruckern kommen in den Drucker- bzw. Tonerpatronen keine gefährlichen Zubereitungen im Sinne des Chemikaliengesetzes zum Einsatz (BITKOM 2002).

Vor diesem Hintergrund und aufgrund der geringen zu erwartenden Einsatzmengen wurde von einer Berücksichtigung dieser Materialien in der Bilanz abgesehen. Dieses Vorgehen ist symmetrisch und betrifft beide betrachteten Systeme. Es wird als nicht ergebnisrelevant für den Vergleich der Systeme eingeschätzt.

Die wirtschaftliche Bedeutung von Tinten und Tonern für den Nutzer ist demgegenüber relativ hoch. Der Grund liegt allerdings darin, dass das Geschäftsmodell vieler Druckerhersteller darauf ausgelegt ist, die Drucker selbst sehr billig und dafür die Druckertinte, d.h. das Verbrauchsmaterial, teuer anzubieten (vgl. z.B. Siegel 2004). Die Kosten für das Verbrauchsmaterial spiegeln damit nicht den ggf. umweltrelevanten Aufwand der Herstellung wieder.

Nachkette. Die Entfernung der Druckfarben (Deinking) wurde im Rahmen der Bilanz über die Altpapieraufbereitung berücksichtigt.

3.6 Datenerhebung und Datenqualität

Zu Beginn der Untersuchung stand ein Screening, welche Daten für die Bilanzierung der beiden zu untersuchenden Systeme erforderlich sind. Entsprechend der Zielsetzung der Studie lag der Fokus auf einer Datengrundlage, die möglichst belastbare Aussagen zum relativen Abschneiden von ReO im Vergleich zu RpB ermöglicht. Dies führte dazu, dass auf Seiten von RpB mit tendenziell günstigen Daten gerechnet wurde (z.B. Ausklammerung der Schritte Vorlauf und Sortierung Eingang) während für ReO eher ungünstige Annahmen getroffen wurden (z.B. Annahme zur Dauer der Computernutzung bei den Nutzergruppen 2 und 3).

Generell wurden sowohl spezifische als auch allgemeine Daten verwendet. Zu ReO wurden spezifische Daten in den entsprechenden Abteilungen der T-Com und des Zentralbereichs Billing & Collection erhoben. So konnten beispielsweise die durchschnittlichen Zugriffszeiten auf die Online-Anwendung von *Rechnung Online* und der Umfang des Datentransfers sowie der Energiebedarf für die zentrale Technik auf diesem Wege ermittelt werden.

Die Ermittlungen spezifischer Daten zu RpB erfolgten ebenfalls zum Teil bei T-Com, z.B. bezüglich des durchschnittlichen Umfangs einer Telefonrechnung, des Anteils der Rechnungsbeilage sowie der jeweils verwendeten Papiertypen. Zum Teil erfolgte die Ermittlung spezifischer Daten auch bei der Deutsche Post World Net. Hierbei handelt es sich eher um eine sehr spezifische Auswertung der allgemein verfügbaren Daten des Umweltberichts 2003. Diese Auswertung wurde allerdings im Vorfeld mit einem Vertreter von Deutsche Post World Net abgestimmt.

Darüber hinaus wurden allgemeine Daten aus der Literatur und allgemein verfügbaren Datenbanken verwendet. Beispielsweise zum Energiebedarf der Festnetzinfrastruktur, zur Ausstattung der Haushalte mit Endgeräten und deren Energieeffizienz.

Mit den Anforderungen an Daten und Datenqualität werden in allgemeiner Form die Merkmale der Daten festgelegt, die für die Durchführung der Ökobilanz benötigt werden. Nachstehend werden die in dieser Studie zugrunde gelegten Anforderungen zusammenfassend dargestellt:

Zeitbezogener Erfassungsbereich. In dieser Studie sollten die einbezogenen Daten zu Vor- und Nachketten den aktuellen Stand der Technik sowie die derzeitigen energie- und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen abbilden. Bezüglich der spezifischen Daten wurden Daten der Jahre 2001 bis 2004 verwendet. Die Zukunftsszenarien wurden anhand von Prognosen und Projektionen aus der Literatur (z.B. Energiebedarf Endgeräte private Haushalte) und nach Angaben von T-Com für die Jahre 2005 und 2010 erstellt (z.B. Anteile der Nutzergruppen von ReO). Für die Anlagen und Prozesse wurden keine Projektionen auf das Jahr 2010 vorgenommen (z.B. Kraftwerkspark, Papierherstellung). Letzteres gilt auch für die Prozesse bei der Deutsche Post World Net (z.B. Distribution, Sortierung).

Geografischer Erfassungsbereich. Für die Energiebereitstellung sowie Herstellungs-, Entsorgungs- und Verwertungsprozesse wurden deutsche und mitteleuropäische Daten zugrunde gelegt. Die spezifischen Daten zu ReO und RpB beziehen sich auf die deutschen Rahmenbedingungen.

Technologischer Erfassungsbereich. Es wurden repräsentative Daten aktuellen Datums verwendet, die den vorhandenen technologischen Stand darstellen. Daneben wurden der spezifische Energiebedarf der bei T-Com eingesetzten zentralen Technik und der Emissionsstandard bei den Fahrzeugen der Deutschen Post World Net zugrunde gelegt. Es erfolgte keine dynamische Modellierung (vgl. hierzu den Punkt zeitbezogener Erfassungsbereich).

Datenkategorien. Grundsätzlich wurden in dieser Studie ausschließlich stoffliche Flussgrößen sowie energetische Inputgrößen quantitativ erfasst und bilanziert, d.h. berücksichtigt wurden

- der Verbrauch an energetischen Ressourcen und
- der Verbrauch an nicht-energetischen Ressourcen und Wasser,
- atmosphärische Emissionen,
- Abwasseremissionen und
- Abfälle und Reststoffe.

Diese Vorgehensweise entspricht dem derzeitigen Praxisstand bei der Durchführung von Ökobilanzen.

Insgesamt liegen der Studie Daten mit einer der Fragestellung und Zielsetzung angemessenen Qualität zugrunde.

3.7 Angewandte Allokationsregeln

Unter Allokation werden bei der Durchführung von Ökobilanzen Zuordnungsverfahren verstanden, die dann erforderlich sind, wenn bei den betrachteten Systemen mehrere verwertbare Produkte erzeugt werden bzw. wenn in betrachtete Teilprozesse Stoff- und Energieströme von anderen, nicht betrachteten Systemen einfließen. Es wurde geprüft, inwiefern durch die Vergrößerung des Systems eine Allokation vermieden werden könnte. In der vorliegenden Studie wurde wie folgt vorgegangen:

- **Literaturdaten.** Bei einigen der aus anderen Studien übernommenen Datensätze sind bereits Allokationen vorgenommen worden. Diese werden hier nicht explizit aufgeführt, sondern können den betreffenden Quellen entnommen werden (z.B. Umberto 4.3).
- **Gutschriften für Recycling und Müllverbrennung von Papier.** Bei beiden betrachteten Systemen fällt durch den Einsatz von Papier (bei ReO, wenn Ausdrucke angefertigt werden) auch outputseitig Papier an. Dieses Papier gelangt teilweise in

die Altpapiersammlung, wird aufbereitet und kann so Frischfaserpapier ersetzen. Der übrige Anteil wird entsorgt und es wird angenommen, dass er in einer Müllverbrennungsanlage thermisch verwertet wird. Die in der Müllverbrennung generierte elektrische Energie wird dem System als Strom-Mix Deutschland gutgeschrieben. Die thermische Energie wird nicht gutgeschrieben, da deren Nutzung nicht gesichert ist. Der Einsatz von Altpapier bei *Rechnung per Brief* wurde anteilmäßig zu 20 % als Frischfaserpapier bilanziert. Diese Vorgehensweise beruht auf einer Modellierung des Altpapierrecyclings als ein quasi closed-loop-System und der Annahme, dass eine einzelne Papierfaser maximal fünf Recyclingkreisläufe durchlaufen kann bzw. bei jedem Durchlauf des Recyclingkreislaufs ca. 20 % Frischfasern erforderlich sind. Zusätzlich wurden die Aufwendung für den Deinking-Prozess und die Aufarbeitung des gebrauchten Altpapiers zu neuem Recyclingpapier berücksichtigt. Aufgrund der closed-loop-Bilanzierung² wurden keine Gutschriften vergeben. Im Gegensatz dazu wurde das bei der Rechnungsbeilage verwendete gestrichene Holzschliffpapier und der (beim Ausdruck von ReO z.T. angenommene) Verbrauch von Frischfaserpapier im open-loop-System³ modelliert: Nach der Aufbereitung erhalten die betrachteten Systeme eine Gutschrift, die entsprechend der Altpapiereinsatzquote von 65,1 % anteilmäßig als Primärproduktion modelliert ist. Für das eingesetzte Recycling-Papier werden aufgrund der closed-loop Bilanzierung keine Gutschriften vergeben. Eine Vergabe von Gutschriften erfolgt nur für das verwendete Holzschliffpapier (Rechnungsbeilage) und das Frischfaserpapier (im Fall des Ausdrucks von ReO).

- **Gutschrift für Kraft-Wärmekopplung bei der Bereitstellung elektrischer Energie.** Die von der T-Com für den Betrieb der zentralen Technik bezogene elektrische Energie wird teilweise über Anlagen bereitgestellt, die auf der Basis von Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten. Bei Kraft-Wärmekopplung wird gleichzeitig elektrische und thermische Energie bereitgestellt. In den untersuchten Systemen wird nur elektrische Energie benötigt. Die entstehende thermische Energie wurde dem System deshalb in gleichem Umfang auf der Basis einer Gasheizung gutgeschrieben. Dabei handelt es sich um eine konservative Vorgehensweise, die die tatsächlichen Vorteile der Kraftwärmekopplung eher unterschätzt. Allerdings ist dieser Effekt nicht ergebnisrelevant.

² Closed loop: Verwendung des rezyklierten Materials für das gleiche Produkt (hier: Recyclingpapier wird für die Herstellung von Recyclingpapier eingesetzt).

³ Open loop: Verwendung des rezyklierten Materials für ein anderes Produkt (hier: Frischfaserpapier wird für die Herstellung von Recyclingpapier eingesetzt). Die Allokation erfolgte anhand der Anzahl möglicher Rezyklierungszyklen des Materials. Es wurde angenommen, dass die Papierfasern fünf Mal rezykliert werden können (vgl. hierzu z.B. Nickel 1996, Sihl 2002, Dessauer 1992).

3.8 Berücksichtigte Wirkungskategorien

Im Rahmen der Studie wurden die folgenden Wirkungskategorien berücksichtigt:

- Kumulierter Energieaufwand (KEA) gesamt
 - KEA nicht regenerativ
 - KEA regenerativ
- Treibhauspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Eutrophierungspotenzial
- Photooxidantienpotenzial

Sie wurden auf der Basis des Öko-Institut-eigenen Bewertungssystems EcoGrade berechnet. Die konkreten Koeffizienten und Berechnungswege sind Anhang 7 zu dieser Studie zu entnehmen (Technical Paper EcoGrade 2005).

Von der Berücksichtigung von Wirkungskategorien, die die human- und ökotoxischen Auswirkungen abbilden, wurde abgesehen. Zum einen, da es im Fall der Wirkungskategorie Humantoxizität in Fachkreisen noch keinen Konsens über eine geeignete Methodik gibt. Zum anderen – und dies gilt auch für die Wirkungskategorie Ökotoxizität – wurden die Systemgrenzen begründet so gezogen, dass die Herstellung von Computer-Hardware nicht beinhaltet ist. Damit sind die berücksichtigten Prozesse durch die oben dargestellten Wirkungskategorien gut abgebildet und insbesondere die Aussagen zum Vergleich von ReO und RpB belastbar.

Von einer Berücksichtigung der Wirkungen von Feinstäuben wurde abgesehen, da die im Rahmen der Studie zur Verfügung stehende Datengrundlage zu den relevanten Transportprozessen nicht genügend differenziert war. Insbesondere betrifft dies die Unterscheidung der gesundheitlich relevanten Partikelgrößen.

Es wurde darauf verzichtet, eine Wirkungskategorie zu den metallischen Ressourcen aufzunehmen, da die verwendeten Inventardaten keine flächendeckende Datenbasis hierfür liefern. Die Ergebnisse wären entsprechend nur schwer interpretierbar. Ähnlich kann für die Kategorie Ökotoxizität argumentiert werden. Auch hätte eine entsprechende Erweiterung von EcoGrade um die Wirkungskategorie metallische Ressourcen den Rahmen der Studie gesprengt. An dieser Stelle soll auch auf die in Fachkreisen zur Wirkungskategorie metallische Ressourcen ablaufenden Diskussionen hingewiesen werden. Zum einen wird diskutiert, ob für diese Kategorie von Ressourcen die Knappheit ein geeignetes Beurteilungskriterium ist und zum anderen inwiefern die Wirkungskategorie metallische Ressourcen eher als soziale Kategorie denn als umweltspezifische aufzufassen ist. Die umweltspezifischen Aufwendungen der Metallgewinnung sind in anderen Kategorien, z.B. Treibhauspotenzial, Versauerung schon erfasst.

3.9 Kritische Prüfung

Im Rahmen der Studie wurde eine interne kritische Prüfung durchgeführt. Im Anschluss an die Fertigstellung der Studie wurde ein externes kritisches Prüfverfahren nach DIN EN ISO 14040 ff. durch die beiden Gutachter Rolf Bretz und Rolf Frischknecht durchgeführt. Der abschließende Bericht der Gutachter befindet sich in Kapitel 9.

4 Systembeschreibung und Datengrundlage

4.1 Datengrundlage

Grundsätzlich kann bei den Datengrundlagen einer Ökobilanz zwischen allgemeinen und spezifisch ermittelten Daten unterschieden werden: Unter allgemeinen Daten werden Mittelwerte zum Energie- und Rohstoffverbrauch und zu Emissionen verstanden, das heißt Zahlenwerte, die den mittleren Stand der Technik eines bestimmten Produktionsprozesses repräsentieren. Spezifisch ermittelte Daten beschreiben hingegen die Verhältnisse an einem bestimmten Produktionsstandort. Je nach dem realisierten Stand der Technik (Effizienz von Schadstoffabscheidung oder ähnliches) können spezifisch ermittelte Daten erheblich (nach oben und unten) von allgemeinen Daten abweichen.

Bei der hier durchzuführenden orientierenden Analyse wurden sowohl allgemeine als auch spezifisch ermittelte Daten zugrunde gelegt. Das konkrete Vorgehen wird in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

4.1.1 Allgemeine Daten

Für die Bereitstellung von Rohstoffen und die Herstellung von Grundstoffen, für die Bilanzierung der Energiebereitstellung und Verwertungsprozesse sowie für die Abfallbehandlung wurden allgemeine Daten aus Verbandsveröffentlichungen, Literaturangaben oder Datenbanken herangezogen. Hier wäre eine Erhebung spezifischer Daten, abgesehen vom damit verbundenen Aufwand, kaum sinnvoll, da diese Prozesse aufgrund der komplexen und verzweigten Produktionsstruktur nicht einzelnen Unternehmen zugeordnet werden können und die Abnehmer-/Lieferantenbeziehungen auf diesen Stufen häufig wechseln.

Die verwendeten Datenquellen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tab. 4: Überblick über die in der Studie für allgemeine Daten verwendeten Datenquellen.

Bereich	Modul/Teilbilanz	Quellen	Bemerkungen
Energiebereitstellung	Stromnetz BRD 2005	Umberto 4.3 2004	Durchschnittsdaten zur Strombereitstellung in Deutschland
	Stromnetz BRD 2010 Referenzszenario	Enquête-Kommission 2002	Zukunftsszenario, 2002 erstellt für die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energie-Versorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ des Deutschen Bundestages; entsprechend ihres Anteils am modellierten Strom-Mix kommen verschiedene Kraftwerke (Quelle: GEMIS 4.2 2004) zum Einsatz (vgl. Anhang 2)
	Stromnetz BRD 2010 RRO (REG/REN-Offensive)	Enquête-Kommission 2002	Zukunftsszenario, 2002 erstellt für die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energie-Versorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ des Deutschen Bundestages; entsprechend ihres Anteils am modellierten Strom-Mix kommen verschiedene Kraftwerke (Quelle: GEMIS 4. 2 2004) zum Einsatz (vgl. Anhang 2)
	Energie thermisch	Umberto 4.3 2004 (Basis: GEMIS 4.0.4.1 2001)	Zentralheizung (mit atmosphärischem Erdgas-Brenner mit einer Leistung von 0,01 MW)
Herstellungsprozesse	Frischfaserpapier	Umberto 4.3 2004 (Basis: UBA 2000)	Herstellung von Kopierpapier aus Frischfaser in einer österreichischen Papierfabrik. Als Fasermaterial wird ECF-Sulfatzellstoff aus Skandinavien eingesetzt
	Gestrichenes holzhaltiges Papier	UBA 2000	Herstellung von LWC-Papier in integrierten Werken der deutschen Papierindustrie
Verbrauchsdaten	Energiebedarf elektronische Endgeräte in Privathaushalten	Cremer et al. 2003	Durchschnittlicher Energiebedarf von PCs, Notebooks, Monitoren, Druckern etc. in den unterschiedlichen Betriebsmodi in Privathaushalten für die Jahre 2005 und 2010.
	Energiebedarf Festnetz-Infrastruktur	Cremer et al. 2003	Energiebedarf für die von der Deutschen Telekom betriebene Festnetzinfrastruktur in Deutschland für die Jahre 2005 und 2010.

Bereich	Modul/Teilbilanz	Quellen	Bemerkungen
Datentransfer	Datentransfer über das Internet	Nipper 2004	Menge der in Deutschland über das Internet transferierten Daten anhand der über den De-CIX-Knoten ⁴ transferierten Datenmengen.
Recycling- und Entsorgungsprozesse	Altpapier-aufbereitung	Umberto 4.3 2004 (Basis: UBA 2000)	Das Modul beschreibt die Herstellung von Recycling-Kopierpapier aus Altpapier in einer deutschen Papierfabrik. Inkl. Altpapiersortierung.
	Altpapier-verbrennung in Müllverbrennung	UBA 2000	Verbrennung von Altpapier in einer Hausmüllverbrennungsanlage mit Rostfeuerung. Abgasreinigung: Elektrofilter + Rauchgaswäsche. Bilanziert wird eine Anlage, mit der die Anforderungen der 17.BImSchV sicher eingehalten werden.

4.1.2 Spezifische Daten

4.1.2.1 Spezifische Daten zu *Rechnung Online*

Tab. 5 gibt einen Überblick über die spezifischen Datenquellen, die in der Untersuchung für die Alternative ReO verwendet wurden.

Tab. 5: Übersicht über die Herkunft der spezifischen Daten zu *Rechnung Online*.

Bereich	Modul/Teilbilanz	Quellen	Bemerkungen
Telefonrechnung	<i>Rechnung Online</i>	Deutsche Telekom 2004	Kundenzahlen zu den unterschiedlichen Nutzergruppen in 2005 und 2010. Daten zu Nutzungsdauern und Datentransferraten bei der Nutzung der Online-Anwendung von <i>Rechnung Online</i> .
Energiebereitstellung	Strom-Mix T-Com für 2005 und 2010	Deutsche Telekom 2004	Angaben gemäß dem Strombezugsmix für das Jahr 2005 und einer möglichen Entwicklung bis 2010
Verbrauchsdaten	Energiebedarf zentrale Technik für <i>Rechnung Online</i> für 2005 und 2010	Deutsche Telekom 2004	Energiebedarf für Rechner und Klimatechnik, die für die Bereitstellung von <i>Rechnung Online</i> erforderlich sind

⁴ Der Deutsche Commercial Internet Exchange (DE-CIX) ist ein Internet-Knoten in Frankfurt am Main. Er wickelt nach eigenen Angaben etwa 59% des deutschen Peering-Verkehrs ab und ist der drittgrößte derartige Austauschpunkt in Europa. Er ist seit 1995 in Betrieb.

Der Konzern Deutsche Telekom bezieht aufgrund spezifischer Verträge mit Energieversorgern einen Strom-Mix, der sich vom bundesdeutschen Strom-Mix signifikant unterscheidet: Er basiert zu 6,1 % auf regenerativen Energiequellen (z.B. Wasser, Wind, Photovoltaik), zu 49,3 % auf Quellen mit Kraft-Wärme-Kopplung, zu 23,9 % auf fossilen Energieträgern und zu 20,7 % auf Kernenergie. Unklar ist, welche spezifischen Energieträger und welche Anlagen für die Energiebereitstellung zu welchen Anteilen in der Realität zum Tragen kommen. Vor diesem Hintergrund wurde der in der Studie zugrunde gelegte Strom-Mix wie folgt definiert: Für die Anteile Kraft-Wärme-Kopplung sowie fossile Energieträger wurden jeweils Anlagen auf der Basis von Steinkohle ausgewählt. Steinkohle-Heizkraftwerke liefern 48 % der in Deutschland genutzten Fernwärme (BMW 2000). Es handelt sich um eine vereinfachte Betrachtung, die aber aufgrund der bestehenden und grundsätzlich nicht auszuräumenden Unsicherheit bezüglich der konkreten Anlagen für die Bereitstellung der von T-Com bezogenen elektrischen Energie sinnvoll erscheint. Die bei der Kraft-Wärme-Kopplung entstehende thermische Energie wurde auf der Basis einer Gasheizung gutgeschrieben. Der genaue Anlagenmix ist in Anhang 2 dargestellt.

4.1.2.2 Spezifische Daten zu *Rechnung per Brief*

Für die Referenzvariante RpB wurden folgende spezifische Datenquellen verwendet.

Tab. 6: Übersicht über die Herkunft der spezifischen Daten zur Telefonrechnung per Brief.

Bereich	Modul/Teilbilanz	Quellen	Bemerkungen
Rechnung per Brief	Telefonrechnung	Deutsche Telekom 2004	Durchschnittlicher Umfang von und Papiertyp für RpB inkl. anteiliger Rechnungsbeilage.
Generierung	Druck und Kuvertierung	Deutsche Telekom 2001	Endenergiebedarf für den Druck und die Kuvertierung der Telefonrechnung
Distribution	Hauptlauf, Sortierung und Nachlauf	Umweltbericht 2003 Deutsche Post World Net	An die Telefonrechnung per Brief angepasste Prozessschritte der Briefverteilung durch die Deutsche Post

4.2 Beschreibung und Datengrundlage für die Definition von Nutzergruppen und Zukunftsszenarien

Im nachfolgenden Kapitel werden die Parameter beschrieben, die die untersuchten Nutzergruppen und Zukunftsszenarien beschreiben. Konkret handelt es sich um 3 Nutzergruppen für ReO und eine Nutzergruppe für RpB. Die Zukunftsszenarien zeigen ausgehend vom Jahr 2005 (Szenario *Ausgangssituation 2005*) zwei mögliche Entwicklungen für das Jahr 2010 auf. Während das Szenario *Business as Usual (BaU 2010)* von einer Fortschreibung aktuell

bestehender Trends bis zum Jahr 2010 ausgeht, zeigt das Szenario *Ökologisch optimiert 2010* eine unter ökologischen Aspekten optimierte Entwicklung auf.

4.2.1 Nutzergruppen Privatkunden

Tab. 7 gibt einen Überblick über die in der Studie definierten Nutzergruppen.

Diese drei Nutzergruppen orientieren sich an den von T-Com-Kunden genutzten Formen von *Rechnung Online*:

- Nutzergruppe 1: ReO mit Funktion Rechnung per Email,
- Nutzergruppe 2: ReO mit Funktion Benachrichtigung per Email
- Nutzergruppe 3: ReO ohne weitere Funktionen

Die Entscheidung für eine der drei genannten Formen oder ggf. auch für einen Wechsel können die Nutzer selbst aktiv treffen. Die den unterschiedlichen Nutzergruppen zugeschriebenen Verhaltensweisen (z.B. Nutzung von Online-Auswertemöglichkeiten oder Download der Rechnung über die Online Anwendung) orientieren sich an statistischen Daten von T-Com zur Nutzung der Online-Anwendung (z.B. ReO SV 2004). Dies geschieht aber nicht in der Absicht ein möglichst repräsentatives Bild der einzelnen Nutzergruppen abzubilden – was aufgrund der Datenlage nicht möglich wäre – sondern es soll damit das Spektrum der möglichen – auch extremeren Nutzungsformen (z.B. lange Nutzungszeiten von Computer oder häufiger Online-Zugriff) – ausgeleuchtet werden. Es sind so leichter Aussagen hinsichtlich möglicher Optimierungsansätze möglich und das Ergebnis kann hinsichtlich seiner Robustheit geprüft werden. Laut Aussagen des Produktverantwortlichen für Rechnung Online bei T-Com liegen die Festlegungen für Zugriffszeiten und –frequenz für die Nutzergruppen 2 und 3 deutlich höher als dies den bisherigen Erfahrungen bezüglich einer durchschnittlichen Nutzung entspricht (Nissen 2004). Die bisherigen Erfahrungen beruhen auf Messungen des Website-Zugriffs von Webtrends (vgl. ReO SV 2004).

Für *Rechnung per Brief* erwies es sich demgegenüber als nicht zielführend, unterschiedliche Nutzergruppen zu definieren. Denkbar wären hier vor allem zwei Differenzierungen gewesen: Einerseits die Unterscheidung nach Privatkunden und kleinen Geschäftskunden sowie andererseits die Unterscheidung nach dem Umfang der Telefonrechnung. Ersteres hätte Unterschiede im Nutzerverhalten (z.B. Anfertigung von Kopien der Telefonrechnung bei Geschäftskunden im Gegensatz zu Privatkunden, die dies nicht tun) aufzeigen können. Allerdings gab es hierzu keine verlässlichen Daten. Insbesondere gab es auch keine Daten zum Anteil der kleinen Geschäftskunden an den Kunden insgesamt (vgl. zu diesem Problem auch Kapitel 4.2.2). Im Zusammenhang mit dem Umfang der Telefonrechnung wäre es interessant gewesen eine Unterscheidung dahingehend zu treffen, ob Kunden eine Einzelverbindungsübersicht beauftragen oder nicht und wie sich dies im Umfang der Rechnung widerspiegelt. Allerdings waren auch hierzu keine Daten erhältlich.

Tab. 7: Übersicht über die bei der Referenzvariante *Rechnung per Brief* und der Alternative ReO berücksichtigten Nutzergruppen. Mahnungen wurden generell nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.2.1.5). Ebenso wurde nicht berücksichtigt, dass ein Teil der ReO-Kunden durch Werbehinweise zur längeren Nutzung des Rechners und des Internet animiert wird (vgl. hierzu Kapitel 3.4).

Referenz: Rechnung per Brief			
Anteil Rechnungen mit Rechnungsbeilage*	48,1 %		
Anfertigung von Kopien	k.A. (Annahme: bei Privatkunden vernachlässigbar)		
Auswertung (manuell, EDV-gestützt)	k.A. (Annahme: bei Privatkunden vernachlässigbar)		
Alternative: Rechnung Online			
	Nutzergruppe 1	Nutzergruppe 2	Nutzergruppe 3
ReO mit Funktion	Rechnung per Email	Benachrichtigung per Email	-
Zugriff pro Rechnung	Einmal monatlich Email-Download	Einmal monatlich Email-Download und Online-Abruf Rechnung	Mehrfach monatlich Zugriff auf Online-Anwendung und einmal monatlich Online-Abruf Rechnung
Computernutzungszeit pro Rechnung***	Email-Download und el. Ablage Anhang: 1 Min.	Email-Download: 1 Min. Online-Zugriff: 5,03 Min.	Online-Zugriff zwei Mal pro Monat: 10,06 Min.
Datentransfer aufgrund Email und Online-Zugriff***	Email: 100 KByte (Rechnung im Anhang)	Email: 10 KByte Online: 181 KByte	Online: 382 KByte
Nutzung von Auswertungsfunktionen	nein	nein	ja
Dauer Auswertung pro Rechnung (Annahme)	-	-	10 Minuten
Anfertigen von Ausdrucken	Sensitivitätsanalyse (Anzahl Blätter und Papiertyp)	Sensitivitätsanalyse (Anzahl Blätter und Papiertyp)	Sensitivitätsanalyse**** (Anzahl Blätter und Papiertyp)
Allgemeine Daten zu Nutzergruppen			
Ausstattung mit Endgeräten, Dauer Computernutzung	vgl. Kap. 5.4.3 Durchschnittlich (Cremer et al. 2003)	vgl. Kap. 5.4.3 Durchschnittlich (Cremer et al. 2003)	vgl. Kap. 5.4.3 Durchschnittlich (Cremer et al. 2003)
End of life Altpapier-rücklaufquote**	74,4 %		
End-of-Life Altpapiereinsatzquote**	65,1 %		

* Die Rechnungsbeilage kann nur den Kunden beigelegt werden, die ein positives Werbekennzeichen haben, d.h. nicht aktiv der Zusendung von Werbematerial widersprochen haben. Quelle: Groth 2004.

** Altpapierrücklaufquote: Altpapieraufkommen in Prozent des bundesdeutschen Papier- und Pappeverbrauchs. Zahlenangabe für das Jahr 2003. Altpapiereinsatzquote: Einsatz von Altpapier bei der Produktion von Papier und Pappe in Deutschland. Quelle: VDP 2004.

*** Die Computernutzungszeit basiert auf den Daten zur Online-Zugriffszeit pro Besuch aus ReO-SV (2004). Der durchschnittliche Datentransfer beruht ebenfalls aus Daten dieses Berichts.

**** Aufgrund der vorgenommenen Auswertungen wird davon ausgegangen, dass Nutzergruppe 3 tendenziell mehr Ausdrücke anfertigt als die Nutzergruppen 1 und 2.

4.2.1.1 Nutzergruppe 1: Rechnung Online mit Funktion Rechnung per Email

Zentrales Element dieser Variante von ReO ist die Funktion „Rechnung per Email“: Die monatliche Telefonrechnung wird von T-Com in Form einer pdf-Datei im Anhang einer Email an die Kunden verschickt. Diese Email enthält den Gesamtbetrag der Telefonrechnung, so dass eine einfache Kontrolle des Betrages durch die Kunden ohne das Öffnen des Anhangs möglich ist. Die Zeit, die die Kunden für den Download der Email mit komprimiertem Anhang, der typischerweise etwa 100 kb umfasst (inkl. Einzelverbindungsübersicht, im Folgenden EVÜ), Online sein müssen, ist damit nur kurz. Auch für das Anschauen und kurze Kontrollieren der Rechnung wurde eine geringe Dauer angenommen. In der Untersuchung wurde auf dieser Basis von monatlich einer Minute Computernutzungsdauer ausgegangen. Zwar kann argumentiert werden, dass eine längere Nutzungszeit angerechnet werden müsste, da auch Zeiten berücksichtigt werden sollten, die zum Hochfahren des Rechners und zum Einwählen ins Internet nötig sind. Allerdings muss dabei bedacht werden, dass Rechner in der Regel nicht für den Empfang einer einzelnen Email hochgefahren und danach sofort wieder abgeschaltet werden: Im Vergleich zu anderen Nutzungen, die sich anschließen (z.B. Emails schreiben, Lesen von Online-Nachrichten, Kauf oder Ersteigerung von Waren im Internet) wird der Anteil, der ReO zuzurechnen ist, vernachlässigbar gering sein. Zudem lässt sich bei Betrachtung der beiden anderen Nutzergruppen von ReO ein Eindruck gewinnen, wie ein Vergleich von ReO und RpB bei steigender Computernutzungszeit ausfallen würde.

Kundenseitig weist diese Variante mehrere Vorteile auf. Zum einen liegt eine große intuitive Ähnlichkeit von RpB und ReO vor: Die Rechnung wird den Kunden zugeschickt, sie liegt im Postfach, das Design ist ganz ähnlich wie bei der RpB. Zum anderen ist es nicht erforderlich, zum Ansehen der Rechnung, einen Benutzernamen und ein Passwort einzugeben, was die Nutzung zusätzlich vereinfacht. Bei Auffälligkeiten kann die Rechnungsdatei auf dem eigenen Rechner direkt überprüft werden, ohne dass der Kunde nochmals Online gehen muss. Nach den Erfahrungen von T-Com geht diese Gruppe - mit unter 1 % der Nutzer - nur sehr selten Online, um die Auswertefunktion auf der Website von *Rechnung Online* zu nutzen. Von Seiten der T-Com ist vorgesehen, diese Nutzergruppe durch die Erschließung von Neukunden und den Wechsel von Kunden der beiden anderen Nutzergruppen in Zukunft signifikant zu vergrößern.

Ende Juni 2004 umfasste diese Nutzergruppe 0,8 Mio. Kunden. T-Com geht davon aus, dass diese Nutzergruppe 2005 auf 1,9 Mio. Kunden angewachsen sein wird (Nissen 2004).

4.2.1.2 Nutzergruppe 2: Rechnung Online mit Funktion Benachrichtigung per Email

Diese Variante von ReO zeichnet sich dadurch aus, dass die Kunden eine Benachrichtigung per Email mit dem Hinweis erhalten, dass die monatliche Telefonrechnung auf der entsprechenden Website Online verfügbar ist. Die Email enthält den Gesamtbetrag der Rechnung, so dass auch in diesem Fall eine schnelle Kontrolle seitens der Kunden möglich ist, ohne dass ein Download der Rechnung durchgeführt werden müsste. Um sich die Rechnung

allerdings anzusehen und gegebenenfalls elektronisch abzulegen, ist es für die Kunden erforderlich, die Daten Online herunterzuladen. Hierzu ist es notwendig, den Benutzernamen und das Passwort einzugeben.

Es ist davon auszugehen, dass die Kunden allenfalls einmal im Monat – nach Erhalt der entsprechenden Email – Online gehen und sich ihre Rechnung ansehen und herunterladen. Die Erfahrungen der T-Com zeigen, dass nicht alle Kunden von dieser Möglichkeit Gebrauch machen, viele es offensichtlich bei der Kontrolle des Gesamtbetrages bewenden lassen. Für die Untersuchung wurde ein einmaliger monatlicher Besuch der Website mit einer durchschnittlichen Zugriffszeit von 5,03 Minuten (ReO SV 2004) angenommen.

Ende Juni 2004 umfasste diese Nutzergruppe 0,6 Mio. Kunden; T-Com geht davon aus, dass sie vermutlich bis zum Jahr 2005 konstant bleiben wird (Nissen 2004).

4.2.1.3 Nutzergruppe 3: Rechnung Online

Diese Variante von ReO könnte auch als „ReO pur“ bezeichnet werden. Den Kunden steht die Telefonrechnung nur Online als Download zur Verfügung. Ohne die Nutzung der Online Anwendung ist auch eine direkte Kontrolle des Gesamtbetrages nicht möglich.

Nach den Erfahrungen von T-Com erfolgt in dieser Nutzergruppe die Kontrolle des Betrags der Telefonrechnung auf seine grundsätzliche Glaubwürdigkeit häufig indirekt über die Kontoauszüge. Dies ist möglich, da für die Nutzung von Rechnung Online die Erteilung eines Lastschriftinzugs erforderlich ist. Entsteht bei einem Kunden infolge eines ungewöhnlichen Betrages das Bedürfnis die Telefonrechnung als Ganze einzusehen, so tritt häufig das Problem auf, dass der Benutzername und das Passwort inzwischen verlegt oder vergessen wurden; in der Folge kein Online-Zugriff möglich ist. Dies führt in der Regel dazu, dass die Kunden zur RpB zurückkehren.

Für die Untersuchung wurde angenommen, dass Kunden dieser Nutzergruppe zwei Mal im Monat mit der durchschnittlichen Zugriffszeit von je 5,03 Minuten auf die Online-Anwendung zugreifen, da sie sich nicht merken, zu welchem Datum die monatliche Rechnung jeweils bereitgestellt wird. Zusätzlich dazu wird angenommen, dass diese Nutzergruppe monatlich 10 Minuten mit der elektronischen Auswertung der Rechnung beschäftigt ist.

Diese Annahmen für die Nutzung von Online-Anwendung und Auswertefunktion sind relativ hoch und damit nicht repräsentativ für alle Nutzer von „ReO pur“. Allerdings sorgen diese – aufgrund der relativ langen Computernutzungszeiten und dem vergleichsweise umfangreichen Datentransfer – aus Umweltsicht ungünstigen Annahmen dafür, dass die vergleichende Bewertung von ReO im Vergleich zur RpB belastbar ist. Zudem können leichter Empfehlungen hinsichtlich einer umweltverträglicheren Gestaltung und Nutzung gegeben werden.

Ende Juni 2004 hatte diese Nutzergruppe einen Umfang von 1,4 Mio. Kunden, der nach den Erwartungen von T-Com bis 2005 noch auf 1,5 Mio. Kunden steigen soll (Nissen 2004).

4.2.1.4 Festlegungen für die Prüfung der Sensitivität der Ausdrucke

Vorangegangene Untersuchungen machten schon deutlich, dass das individuelle Nutzerverhalten einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltauswirkungen von ReO haben würde. Hier spielte vor allem die Frage eine Rolle, ob und in welchem Umfang die elektronisch vorliegende ReO ausgedruckt wird. Aus diesem Grund wurde dieser Frage im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse nachgegangen. Die Analyse wurde in mehreren Schritten durchgeführt, die auf den Umfang des Ausdrucks und das gewählte Papier Bezug nehmen.

Für den Umfang des Ausdrucks wurden drei Varianten gewählt: Der Ausdruck von einer Seite ist denkbar, z.B. wenn die Telefonrechnung eine Einzelfrage aufwirft, die auf einer Seite abgehandelt ist. Eine durchschnittliche Telefonrechnung umfasst 2,04 Blätter. Erfolgt der Ausdruck der kompletten Rechnung, so ist zum einen ein doppelseitiger Ausdruck möglich, was zu einem Verbrauch von 2,04 Blatt Papier führt. Da anzunehmen ist, dass ein Teil der ReO-Kunden *Rechnung Online* bewusst aus ökologischen Gründen gewählt hat oder zukünftig wählen wird, ist zu erwarten, dass ein Teil dieser Kundengruppe auch bereit ist doppelseitig auszudrucken. Ansonsten ist eher davon auszugehen, dass die Mehrheit der Kunden einseitig ausdruckt. Mit den heute gängigen Druckermodellen ist das doppelseitige Ausdrucken relativ einfach möglich. Im Falle der in Privathaushalten weit verbreiteten Tintenstrahldrucker ist es allerdings notwendig, dass der Nutzer das Papier auf einer Seite bedruckt und dann für den doppelseitigen Ausdruck eigenhändig wendet. Die Geräte bzw. die entsprechenden Druckertreiber verfügen heute aber über eine Duplexfunktion, die den doppelseitigen Ausdruck sehr benutzerfreundlich gestaltet, indem sie dem Nutzer sehr anschaulich zeigt, wie er das Papier zu wenden und wieder einzuführen hat, um es beidseitig zu bedrucken. Bei Laserdruckern ist der doppelseitige Ausdruck in der Regel automatisch durch die Anwahl der Duplexfunktion möglich.

Ein entsprechender einseitiger Ausdruck führt zum Verbrauch von durchschnittlich 4,08 Blättern. Weiter gehende Überlegungen, wenn z.B. zusätzlich Auswertungen ausgedruckt werden, können auf dieser Datenbasis problemlos durchgeführt werden.

Für die Papierqualität wurden zwei Varianten gewählt: Es handelt sich beide Male um Papier mit einer Grammaturn von 80 g/m², im einen Fall um Frischfaserpapier, im anderen Fall um Recyclingpapier. Für das Papierrecycling nach der Nutzung wurde outputseitig anteilig eine Gutschrift erteilt (vgl. Kapitel 3.7).

4.2.1.5 Rechnung per Brief

Für die Telefonrechnung per Brief wurden keine unterschiedlichen Nutzergruppen definiert (vgl. Kapitel 4.2.1). Die Telefonrechnung per Brief setzt sich zusammen aus der eigentlichen Telefonrechnung mit durchschnittlich 2,04 Blättern des Formats DIN A4, einem Umschlag und für durchschnittlich 48,1 Prozent der Rechnungen einer Rechnungsbeilage.⁵ Für die Rechnung und den Umschlag wird aktuell Recyclingpapier mit einer Grammatur von 75 g/m² verwendet, das mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ ausgezeichnet ist (vgl. RAL-UZ 14 in UBA 2005 und Datenblatt der T-Com vom 1.11.2003). Laut Aussage der T-Com ist zukünftig kein Wechsel auf Standard- bzw. Frischfaserpapier vorgesehen (Groth 2004).

Wie oben schon erwähnt, wird einem Teil der Rechnungen eine Rechnungsbeilage beigelegt. Laut Aussagen des Produktverantwortlichen für *Rechnung Online* bei T-Com wird diese Rechnungsbeilage Kunden, die *Rechnung Online* beziehen nicht separat zugeschickt (Mündliche Mitteilung Herr Nissen, Interner Workshop vom 14. Juli 2004). Aus diesem Grund ist die Rechnungsbeilage der Telefonrechnung zuzurechnen. 48,1 Prozent der Sendungen wird eine Rechnungsbeilage beigelegt. Für die Rechnungsbeilage wird Papier des Typs Bavaria matt oder Speed verwendet (Format 105 x 190 mm). Es handelt sich dabei um gestrichenes holzhaltiges Papier, wobei der Faseranteil aus Holzschliff (60 ± 5 %) und Zellstoff (40 ± 5 %) besteht. Die Grammatur des Papiers beträgt 90 g/m².

In der nachfolgenden Tabelle ist dargestellt, welchen Umfang die Telefonrechnungen per Brief typischerweise haben. Der Anteil der Mahnungen, der nach Auskunft der T-Com bei ca. 9 % liegt, wurde vernachlässigt. Es ließ sich nicht ermitteln, welche Anteile ReO und welche RpB zuzuordnen sind, wobei die Tatsache, dass für ReO 2004 eine Einzugsermächtigung erforderlich war, vermuten lässt, dass der Anteil der Mahnungen bei ReO-Kunden signifikant geringer ist als bei RpB.

Tab. 8: Übersicht über den Umfang der Sendungen für die Rechnung per Brief ohne Rechnungsbeilage. Quelle: Groth 2004

Bezeichnung Portoklasse	Portoklasse	Anzahl Blätter	durchschnittliche Anzahl Blätter einer Sendung	durchschnittliches Gewicht einer Sendung [g]	Anteil der Rechnungen pro Portoklasse
Portoklasse 1	bis 20g	1 bis 3	1,62	12,281	87,47 %
Portoklasse 2	bis 50g	4 bis 8	4,88	27,563	12,33 %
Portoklasse 3	bis 500g	9 bis 70	12,91	65,203	0,19 %

⁵ Eine Rechnungsbeilage erhalten diejenigen Kunden, die sich mit dem Erhalt von Werbematerial einverstanden erklärt haben. Zusätzlich dazu erfolgt die Anlage der Rechnungsbeilage portoklassenspezifisch, d.h. nur wenn sich durch die Rechnungsbeilage die Portoklasse nicht ändert.

Tab. 9: Definition einer durchschnittlichen Telefonrechnung wie sie für die Berechnung der Szenarien verwendet wurde.

Bezeichnung	Einheit	Menge
Durchschnittliche Anzahl Blätter pro Sendung	Blatt/Sendung	2,04
Anteil Sendungen mit Rechnungsbeilage	Prozent	48,1
Gewicht pro Blatt	g/Blatt	4,68
Gewicht pro Umschlag	g/Umschlag	4,7
Gewicht pro Rechnungsbeilage	g/Blatt	5,53
Gesamtgewicht einer durchschnittlichen Sendung mit Anteil Rechnungsbeilage	g/Sendung	16,92

Der Druck der Rechnung erfolgt in den Druckzentren von PrintCom. Da es im Projektrahmen nicht möglich war, spezifische Daten bei PrintCom zu erfassen, wurde auf Daten aus einer der Vorstudien zurückgegriffen (Deutsche Telekom 2001).

Die Distribution erfolgt durch die Post. Der Distributionsweg einer Telefonrechnung per Brief unterscheidet sich signifikant von dem Distributionsweg eines normalen Briefes. Die Unterschiede betreffen einerseits die Eingangsseite, da sich die Druckzentren der PrintCom in relativer räumlicher Nähe zu den Briefeingangszentren befinden und die Telefonrechnungen dort schon vorsortiert ankommen, so dass sie nicht die gesamte Sortierstraße durchlaufen müssen. Auf der Ausgangsseite liegen die Unterschiede darin, dass die Telefonrechnungen in 8 Druckzentren im gesamten Bundesgebiet verteilt erstellt werden, so dass die Wege zum Empfänger ca. 250 km nicht überschreiten und keine Nachtflüge für den Hauptlauf eingesetzt werden. Da es im Rahmen des Projekts nicht möglich war, die spezifischen Distributionswege der Telefonrechnung per Brief zu erfassen und zu bewerten, wurde nach Rücksprache mit einem Vertreter der Deutschen Post World Net eine vereinfachte Vorgehensweise vereinbart, die die Umweltbelastungen aus der Distribution der Telefonrechnung per Brief angemessen widerspiegelt (Häser 2004). Konkret wurde von den Angaben im Umweltbericht 2003 der Deutschen Post World Net zur Briefverteilung ausgegangen (DPWN 2003), wie sie in nachstehender Tabelle aufgelistet sind.

Dort ist beispielhaft für eine Briefbeförderung von München nach Stuttgart (Distanz 250 km) das Treibhauspotenzial für die Beförderung eines Standardbriefes bilanziert. Dieses beträgt insgesamt 18 g CO₂-Äquivalente und verteilt sich entsprechend der folgenden Tabelle auf die Prozessschritte *Einsammlung*, *Vorlauf*, *Sortierung Eingang*, *Hauptlauf Straße*, *Sortierung Ausgang* und *Nachlauf*. Die Transportprozesse (Einsammlung, Vorlauf, Hauptlauf Straße und Nachlauf) haben für einen Standardbrief einen Anteil von 27 %, demgegenüber liegt der Anteil der stationären Sortierprozesse bei 73 % an den gesamten CO₂-Emissionen. Im Vergleich dazu weist die Gesamt-CO₂-Bilanz des Unternehmens einen Anteil der CO₂-Emissionen von 55,7 % aus den stationären gegenüber 44,3 % aus den Transportprozessen

auf. Die Transportprozesse sind insgesamt im Unternehmen also bedeutender als in dem für die Bilanz von RpB ausgewählten Fallbeispiel. Dies liegt zum einen daran, dass für weitere Transportentfernungen als 250 Kilometer auch Flugzeuge eingesetzt werden und dass größere Sendungen (z.B. Pakete) im Vergleich einen höheren Anteil an transportbedingten CO₂-Emissionen zugeordnet bekommen.

Der Prozessschritt Hauptlauf Straße weist im ausgewählten Fallbeispiel nur einen Anteil von 7 % an den gesamten CO₂-Emissionen eines Standardbriefes auf. Dieser relativ geringe Anteil ist darin begründet, dass die Transporte zwischen den Briefzentren aufgrund der großen anfallenden Mengen eine optimierte Auslastung aufweisen und dass in einem solchen Transport sehr viele Standardbriefe befördert werden können. Zudem erfolgt die Zuordnung der CO₂-Emissionen nach Gewicht der Sendung, ein Paket verursacht damit höhere Belastungen als ein Standardbrief.

Der Nachlauf beinhaltet die Belieferung der Zustellstützpunkte per Fahrzeug. Die Zustellung selbst erfolgt – entsprechend den Rahmenbedingungen des Fallbeispiels – mit dem Fahrrad oder zu Fuß. Diese Situation ist für Ballungszentren typisch und repräsentiert etwa die Hälfte der Zustellbezirke in Deutschland. Im ländlichen Raum erfolgt die Zustellung im Verbund, d.h. Pakete und Briefe werden gemeinsam transportiert. Es liegen keine konkreten Daten zu den in der Verbundzustellung einem Standardbrief zuzuordnenden CO₂-Emissionen vor. Die Zuordnung erfolgt auch hier nach dem jeweiligen Gewicht der Sendung, d.h. Pakete verursachen mehr CO₂-Emissionen als ein Standardbrief.

Tab. 10: Überblick über die der Berechnung zugrunde gelegten Prozessschritte für die Telefonrechnung per Brief in Abgrenzung zum Transport eines normalen Briefes (Quelle: DPWN 2003, Häser 2004). Die Prozentangaben beziehen sich auf das anteilige Treibhauspotenzial.

Bezeichnung	Brieftransport	Brieftransport	Transport Telefonrechnung
Entfernung	250 km	250 km	250 km
Einheit	Prozent	g CO ₂ -Äq./Sendung	g CO ₂ -Äq./Sendung
Einsammlung	17 %	3,06	-
Vorlauf	2 %	0,36	-
Sortierung Eingang	29 %	5,22	-
Hauptlauf Straße	7 %	1,26	1,26
Sortierung Ausgang	44 %	7,92	7,92
Nachlauf	1 %	0,18	0,18

Für die Rechnung per Brief wurden die Prozessschritte *Einsammlung*, *Vorlauf* und *Sortierung Eingang* nicht berücksichtigt. Der Grund dafür liegt zum einen darin, dass von der Deutschen Post keine detaillierten Angaben für zur Verfügung gestellt werden konnten. Zum anderen sind die genannten Prozessschritte, wie oben schon geschildert wurde, bei Rechnung per

Brief von erheblich geringerem Aufwand als bei einem Standardbrief. So entfällt beispielsweise die Einsammlung komplett (Anteil an CO₂-Emissionen 17 %), der Vorlauf (Anteil an CO₂-Emissionen 2 %) dürfte aufgrund der geringen Transportdistanzen ebenfalls geringer ausfallen als für einen Standardbrief. Der größte Unsicherheitsfaktor ist die Sortierung Eingang (Anteil an CO₂-Emissionen 29 %), für die keine gesicherte Aussage bezüglich der verbleibenden zuzurechnenden Anteile möglich war. Klar war allerdings, dass die Rechnung per Brief relativ spät in die Sortierstraße eingeschleust werden kann, eine nicht unerhebliche Reduktion auf jeden Fall gerechtfertigt ist. Es bleibt insgesamt festzuhalten, dass durch die beschriebene Vorgehensweise die Umweltbelastungen von Rechnung per Brief tendenziell unterschätzt werden.

Für die Prozessschritte *Hauptlauf Straße*, *Sortierung Ausgang* und *Nachlauf* wurden zunächst die CO₂-Emissionsinventare entsprechend der Anteile dieser Prozessschritte an der Gesamtmenge von 18 g CO₂-Äquivalente festgelegt. Zusätzlich zu den CO₂-Emissionsinventaren wurden inputseitig auch die Bereitstellung der erforderlichen Energieträger (Strom, Fernwärme, Ergas, Heizöl und Diesel) und outputseitig die jeweils entstehenden Massenschadstoffe (SO₂, NO_x, Staub, CO, NMVOC) berücksichtigt. Hierzu wurde erneut der Umweltbericht 2003 der Deutschen Post verwendet, der eine Input-Output-Analyse des gesamten Unternehmens enthält (DPWN 2003, S. 62ff.). Diese beinhaltet u.a. Angaben zu den pro Jahr verbrauchten Energieträgern und den Emissionen, die bei deren Bereitstellung und Einsatz anfallen. Dabei sind die Emissionen nach den einzelnen Energieträgern (Strom, Fernwärme, Ergas, Heizöl und Diesel) aufgeschlüsselt. Zur Berechnung der eingesetzten Energieträger und der Emissionsmengen bei den berücksichtigten Prozessschritten *Hauptlauf Straße*, *Sortierung Ausgang* und *Nachlauf* wurde zunächst in Abstimmung mit einem Mitarbeiter der Deutschen Post World Net vereinfachend angenommen, dass die Energieträger Strom, Fernwärme, Ergas, Heizöl ausschließlich bei stationären Prozessen (hier: Sortierung Ausgang) zum Einsatz kommen, während Diesel ausschließlich Transportprozessen (hier: Hauptlauf Straße und Nachlauf) zugerechnet werden kann (Häser 2004). Im Anschluss daran wurde für jeden Prozessschritt zunächst der Anteil (Quotient) aus dem jeweiligen Treibhauspotential für einen Standardbrief (18 g CO₂-Äq.) und dem korrespondierendem Gesamt-CO₂-Potenzial (584.000 t beim stationären Prozess bzw. 466.000 t bei Transportprozessen) berechnet. Die Energie- bzw. Massenströme wurden schließlich ermittelt, indem die jeweiligen Quotienten mit den jährlichen Gesamtmengen für Energieträger und Emissionen multipliziert wurden. Sowohl die Berechnungen für das Ausgangsjahr 2005 als auch für die beiden Szenarien 2010 erfolgten auf dieser Grundlage. Eine Berücksichtigung des Aspekts Feinstaub war mangels einer genügend differenzierten Datengrundlage zu den relevanten Partikelgrößen nicht möglich.

Die Nutzungsphase von RpB ist nicht mit nennenswerten Umweltauswirkungen verbunden. Die etwaige Anfertigung von Kopien oder mögliche Auswertungen mittels Computer werden vernachlässigt. Ebenso die Lagerung.

Für die End-of-Life-Phase wird eine Altpapierrücklaufquote von 74,4 % und eine Altpapier-einsatzquote von 65,1 % angenommen.⁶

4.2.2 Begründung für die Nicht-Betrachtung der Geschäftskunden

Ursprünglich war vorgesehen, auch Geschäftskunden in die Untersuchung einzubeziehen. Im Rahmen eines Projektworkshops wurde diese Frage diskutiert und folgende Überlegungen dazu durchgeführt.

Die Geschäftskunden lassen sich nach der Unternehmensgröße in drei Gruppen einteilen, für die jeweils unterschiedliche Formen der elektronischen Telefonrechnung sinnvoll sind:

- *Kleine Unternehmen: Rechnung Online* wie für die Privatkunden (ReO)
Für kleinere Unternehmen ist ebenso wie für Privatkunden *Rechnung Online* die geeignete Lösung. Hier findet seitens T-Com keine explizite Unterscheidung statt, so dass in den 35 Millionen berücksichtigten Privatkunden, die monatlich eine Telefonrechnung der T-Com erhalten, auch kleine Geschäftskunden enthalten sind.
- *Mittlere und größere Unternehmen: Rechnung Online Komfortversion (ReKV)*
Für mittlere und größere Geschäftskunden stellt ReKV eine mögliche Alternative zur Rechnung per Brief dar. Die Eigenschaften von ReKV sowie der mögliche Einspareffekt am Beispiel von Papier sind weiter unten im Text ausgeführt.
- *Große Unternehmen: Elfe (Elektronische Fernmelderechnung)*
Die Kunden für Elfe, d.h. Großunternehmen mit mehreren 100.000 Telefonrechnungen pro Monat, werden nicht in die Analyse einbezogen, da für sie die Rechnung per Brief keine realistische Alternative darstellen würde. Die monatlichen Rechnungen per Brief wären viel zu umfangreich, um von den Buchhaltungsabteilungen noch gehandhabt werden zu können.

Beschreibung von ReKV. Die in der Rechnung enthaltene Information wird nach Bedarf und manueller Einstellung gemäß der internen Kostenstellenstruktur des jeweiligen Unternehmens vorsortiert und kann direkt in das Buchhaltungsprogramm heruntergeladen werden. ReKV ist zudem so angelegt, dass mehrere Nutzer mit unterschiedlichen Benutzerrechten zugreifen können. ReKV kann bis zu 5.000 Buchungssätze handhaben; dies würde einer Telefonrechnung mit 250 Seiten (ohne Einzelverbindungsübersicht) entsprechen. ReKV wurde anfangs auf einer anderen technischen Plattform als ReO betrieben. Inzwischen wurde ReKV mit ReO technisch zusammengeführt und in der Folge die Funktionalität von ReKV reduziert.

⁶ Altpapierrücklaufquote: Altpapieraufkommen in Prozent des bundesdeutschen Papier- und Pappeverbrauchs. Zahlenangabe für das Jahr 2003. Altpapier-einsatzquote: Einsatz von Altpapier bei der Produktion von Papier und Pappe in Deutschland. Quelle: VDP 2004.

Im Folgenden (siehe Tab. 11) wurde am Beispiel von Papier überprüft, wie groß der Einspar-effekt durch die Nutzung von ReKV ist und bei Erschließung der potenziellen Zielgruppe in Zukunft noch sein könnte.

Die aktuelle Kundenzahl führt zu einer maximalen Einsparung von jährlich 4,2 Tonnen Papier. Würden 10.000 Geschäftskunden auf die Komfortlösung wechseln – was dem Umfang der erschließbaren Zielgruppe entspricht – so wären Einsparungen von maximal 16,3 Tonnen Papier möglich. Nicht berücksichtigt bei dieser Betrachtung sind etwaige Ausdrücke der elektronischen Rechnung.

Tab. 11: Berechnung der maximalen Papiereinsparung aufgrund der Nutzung der Komfortversion durch Geschäftskunden. Im April 2004 nutzen 2.500 Geschäftskunden die Komfortversion mit einer Gesamtzahl von 2.700 Rechnungen pro Monat. Die Hochrechnung erfolgte auf die potenzielle Zielgruppe der Komfortversion von insgesamt 10.000 Geschäftskunden mit ca. 10.800 Rechnungen pro Monat. Quelle: Schaffrath 2004.

Status Quo (Stand: April 2004)	Einheit	Menge
Anzahl ReKV pro Monat	Anzahl Rechnungen pro Monat	2.700
Durchschnittlicher Umfang ReKV	Anzahl Blätter/Rechnung	46
Anteil rein elektronisch	Prozent	58,5 %
Anteil elektronisch und in Papierform	Prozent	41,5 %
Gewicht ein Rechnungsblatt (75 g/m ²)	g/Blatt	4,68
Gewicht ein Umschlag (75 g/m ²)	g/Umschlag	4,7
Gewicht pro durchschnittlicher Rechnung per Brief	g/Rechnung	220
Eingesparte Menge Papier unter Berücksichtigung der Doppelnutzung*	kg Papier pro Jahr	4.170
Hochrechnung auf 10.000 Geschäftskunden		
Anzahl ReKV pro Monat	Anzahl Rechnungen pro Monat	10.800
Eingesparte Menge Papier unter Berücksichtigung der Doppelnutzung*	kg Papier pro Jahr	16.322

* nur 58,5 % der Rechnungen sind rein elektronisch, d.h. ohne zusätzliche Rechnung per Brief.

Im Vergleich zu der Zielgruppe der Privatkunden ist das Einsparpotenzial bei den Geschäftskunden mit Komfortversion nur gering. Gründe hierfür sind zum einen deren geringe Anzahl (aktuelle Kunden, Zielgruppe) und zum anderen die Tatsache, dass knapp 42 Prozent der Komfortversion-Kunden gleichzeitig noch eine Rechnung per Brief erhalten, hier also eine Doppelnutzung vorliegt, die insgesamt zu einer Mehrbelastung führt.

Aufgrund des nur geringen Einsparpotenzials wurden im Folgenden für die Geschäftskunden keine weiteren Untersuchungen im Rahmen der Studie durchgeführt.

4.2.3 Zukunftsszenarien

Ziel der Erstellung von Zukunftsszenarien war es, ausgehend von der Ausgangssituation in 2005, mögliche Entwicklungen bis zum Jahr 2010 aufzuzeigen. Das Jahr 2005 wurde aus mehreren Gründen als Ausgangspunkt gewählt: Zum einen liegt ab 2005 eine Anerkennung von ReO durch das Finanzamt vor, so dass hier eine funktionale Äquivalenz zu RpB erreicht wird. Des Weiteren steht ab 2005 ein Offline-Auswertetool für ReO zur Verfügung. Die Perspektive von 5 Jahren – 2005 bis 2010 – wurde gewählt, da längere Entwicklungen über 2010 hinaus sehr spekulativ und mangels Aussagekraft wenig hilfreich erschienen. Der Zeitraum 2005 bis 2010 kann datenmäßig gut abgebildet werden.

Zentral ist die Frage, welche Entwicklungen in Zukunft erfolgen könnten, die möglicherweise einen Einfluss auf den Vergleich der Umweltauswirkungen von RpB und ReO haben. Eine Rolle spielen hierbei:

- Veränderungen in der zentralen Technik zur Bereitstellung von ReO (Energieeffizienz, Auslastung);
- Veränderungen in der Energiebereitstellung (z.B. Anteil erneuerbare Energien);
- Veränderungen der Kundenzahlen in den einzelnen Nutzergruppen;
- Veränderungen der Haushaltsausstattung mit elektronischen Endgeräten und deren Energieeffizienz;
- Entwicklung des Anteils der Haushalte, die über einen Internetzugang verfügen.

Vor diesem Hintergrund werden in der Studie drei verschiedene Szenarien betrachtet:

- Die *Ausgangssituation 2005* beschreibt den Status Quo, wie er für das Jahr 2005 zu erwarten ist.
- Im Szenario *Business as Usual 2010 (BaU)* werden die heute schon beobachtbaren Trends fortgeschrieben bis zum Jahre 2010.
- Im Szenario *Ökologisch optimiert 2010* wird davon ausgegangen, dass sowohl T-Com-seitig als auch auf Seiten der Kunden weit reichende Maßnahmen für eine ökologische Optimierung der Nutzung von *Rechnung Online* ergriffen werden.

Die Szenarien werden anhand bestimmter Parameter beschrieben, die sich sowohl auf die Bereitstellung der Rechnung, ihre Distribution als auch auf ihre Nutzung beziehen.

In nachfolgender Tabelle sind die verschiedenen Szenarien mit den jeweiligen Parametern, die sie charakterisieren, in Übersichtsform dargestellt. Die Erläuterung der jeweiligen Szenarien befindet sich in den nachfolgenden Kapiteln 4.2.3.1 bis 4.2.3.3.

Ergänzend kann hier angemerkt werden, dass bei etwa 2,8 Mio. Nutzern von ReO im Jahr 2004 monatlich nur etwa eine Million Zugriffe auf die Website von *Rechnung Online* erfolgten.⁷ Dies bedeutet, dass nur etwa jeder dritte Nutzer von dieser Möglichkeit Gebrauch macht. Gehen wir für die *Ausgangssituation 2005* von einem ähnlichen Verhältnis aus, so müssten 1,43 Mio. Zugriffe monatlich auf die Website erfolgen. Im Szenario *Ausgangssituation 2005* wurde – bei Berücksichtigung der definierten Nutzergruppen – insgesamt von 3,6 Mio. Zugriffen ausgegangen (NG 2: ein Zugriff/Monat; NG 2 zwei Zugriffe/Monat). Insofern handelt es sich hierbei um eine deutliche Überschätzung, die sich auch in tendenziell zu hohen Umweltbelastungen widerspiegelt. Für die beiden Zukunftsszenarien 2010 sieht die Situation etwas anders aus: Das Szenario *BaU 2010* müsste aufgrund gestiegener Nutzerzahlen 3,57 Mio. Zugriffe aufweisen; im Szenario wird allerdings nur mit 1 Mio. Nutzer der Nutzergruppe 3 und damit 2 Mio. Zugriffen/Monat gerechnet. Im Szenario *Ökologisch optimiert 2010* ist nur noch Nutzergruppe 1 komplett ohne Zugriff auf die Online-Anwendung vorgesehen. Insbesondere letzteres würde sicher eine Unterschätzung der realen Verhältnisse darstellen. Deshalb sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die Zukunftsszenarien keine Prognosen darstellen, sondern ein Spektrum möglicher Zukünfte aufzeigt, das Hilfestellung bei Entscheidungsfindungen bieten soll.

⁷ Die Daten zur Anzahl der Online-Zugriffe basiert auf den Daten aus ReO-SV (2004). Der durchschnittliche Datentransfer und die durchschnittliche Zugriffszeit beruht ebenfalls auf Daten dieses Berichts.

Tab. 12 Überblick über die Zukunftsszenarien. Zur jeweiligen Datengrundlage siehe Kapitel 4.1.2.

Parameter	Beschreibung	Ausgangssituation 2005	Szenario <i>Business as Usual</i> 2010	Szenario <i>Ökologisch optimiert</i> 2010
Produkt Rechnung Online				
Energiebedarf der zentralen Technik bei T-Com für ReO	Für die Bereitstellung des Produkts ReO muss in Abhängigkeit der Kundenzahl eine bestimmte Rechnerkapazität vorgehalten und betrieben werden. Enthalten ist auch der erforderliche Energieaufwand für die Klimatisierung des Rechenzentrums.	92,4 kWh/funktionelle Einheit	30 kWh/ funktionelle Einheit	30 kWh/ funktionelle Einheit
Vorkette Bereitstellung Elektrizität	Der Energieträgermix der Deutschen Telekom für den Betrieb der zentralen Technik. Die Deutsche Telekom bezieht aufgrund seiner spezifischen Verträge mit Energieversorgern Strom, der sich vom allgemeinen Bereitstellungsmix in Deutschland unterscheidet. Die Berechnung der Umweltbelastungen aus der Bereitstellung basiert auf eigenen Berechnungen des Öko-Instituts.	6,1 % Regenerative Energien (Wasser, Wind, Photovoltaik) 49,3 % Kraft-Wärme-Kopplung 23,9 fossile Energieträger 20,7 % Kernenergie	Zusammensetzung des Strom-Mixes aus einem Drittel des Energieträgermixes der Deutschen Telekom von 2005 (Berechnung nach Öko-Institut) und aus zwei Drittel Gesamt-Mix Deutschland nach Enquête-Kommission 2002 – Referenzszenario Die Kraftwerke selbst wurden nicht dynamisch modelliert.	Strom-Mix Deutschland nach Enquête-Kommission 2002 – – RRO (REG/REN-Offensive) Die Kraftwerke selbst wurden nicht dynamisch modelliert.
Anerkennung durch Finanzamt	Durch die Einführung der digitalen Signatur bis Ende 2004 ist ReO u.a. vom Finanzamt als Dokument anerkannt.	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Offline-Auswertetool	Für ReO wurde von T-Com bis Ende 2004 ein Auswertetool entwickelt, das Offline anwendbar ist. Zusätzlich dazu gibt es Auswertetools von anderen Anbietern (z.B. ISY Take)	vorhanden	vorhanden	vorhanden

Parameter	Beschreibung	Ausgangssituation 2005	Szenario <i>Business as Usual</i> 2010	Szenario <i>Ökologisch optimiert</i> 2010
Produkt Rechnung per Brief				
Durchschnittsgewicht einer Rechnung per Brief	Durchschnittlicher Umfang inkl. Umschlag (nach Angaben T-Com)	171 kg/funktionelle Einheit	171 kg/funktionelle Einheit	105 kg/funktionelle Einheit
Gewicht einer Rechnungsbeilage	Gewicht einer Rechnungsbeilage unter Berücksichtigung der Grammatik und des Formats (nach Angaben T-Com)	32 kg/funktionelle Einheit	32 kg/funktionelle Einheit	16 kg/funktionelle Einheit
Rechnung per Brief mit Rechnungsbeilage	Anteil Privatkunden mit <i>Rechnung per Brief</i> mit Rechnungsbeilage	48,1 %	48,1 %	48,1 %
Gesamtgewicht durchschnittliche Rechnung mit durchschnittlichem Anteil Rechnungsbeilage	Gesamtgewicht Sendung	203 kg/funktionelle Einheit	203 kg/funktionelle Einheit	121 kg/funktionelle Einheit
Papierqualität Rechnung	Nach Datenblatt T-Com	Umweltschutzpapier mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“	Umweltschutzpapier mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“	Umweltschutzpapier mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“
Papierqualität Umschlag	Nach Datenblatt T-Com	Umweltschutzpapier mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“	Umweltschutzpapier mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“	Umweltschutzpapier mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“
Papierqualität Rechnungsbeilage	Nach Angaben T-Com	Bavaria matt Gestrichenes holzhaltiges Papier	Bavaria matt dito	-
Energiebedarf der Druck- und Sortierzentren	Die Deutsche Post World Net bezieht die für Druck und Sortierung erforderliche Elektrizität aus dem allgemeinen Stromnetz in Deutschland.	Strom-Mix Deutschland	Druckprozess: Strom-Mix Deutschland nach Enquête-Kommission 2002 – Referenzszenario Die Kraftwerke selbst wurden nicht dynamisch modelliert.	Druckprozess: Strom-Mix Deutschland nach Enquête-Kommission 2002 – RRO (REG/REN-Offensive) Die Kraftwerke selbst wurden nicht dynamisch modelliert.

			Sortierprozess: wie 2005	Sortierprozess: wie 2005
Parameter	Beschreibung	Ausgangssituation 2005	Szenario <i>Business as Usual</i> 2010	Szenario <i>Ökologisch optimiert</i> 2010
Nutzergruppen				
Gesamtzahl Privatkunden	Aktuell 35 Mio. Privatkunden Festnetztelefonie. Die Zahl wird für 2005 und 2010 als konstant angenommen. Zwar ist zu erwarten, dass die Anzahl der Haushalte zunimmt, was für eine Erhöhung der Festnetzkunden sprechen würde. Gleichzeitig wird aber auch die Bedeutung der Mobiltelefonie zunehmen, was wiederum eher eine Abnahme der Festnetztelefonanschlüsse erwarten ließe.	35 Mio.	35 Mio.	35 Mio.
ReO Nutzergruppe 1	Anteil Kunden mit ReO mit Funktion Rechnung per Email	1,9 Mio.	9,0 Mio.	20 Mio.
ReO Nutzergruppe 2	Anteil Kunden mit ReO mit Funktion Benachrichtigung per Email	0,6 Mio.	0	0
ReO Nutzergruppe 3	Anteil Kunden mit ReO	1,5 Mio.	1,0 Mio.	0
<i>Rechnung per Brief</i>	Anteil Kunden mit Rechnung per Brief	31 Mio.	25 Mio.	15 Mio.
Nutzerverhalten im Zusammenhang mit ReO				
Energiebedarf für den Datentransfer durch das Internet	Durchschnittlicher Energiebedarf für den Datentransfer durch das Internet. Daten nach Cremer et al. 2003 und Nipper 2004	Vgl. Kap. 4.2.3.4 Allgemeine Rahmenbedingungen	Vgl. Kap. 4.2.3.4 Allgemeine Rahmenbedingungen	Vgl. Kap. 4.2.3.4 Allgemeine Rahmenbedingungen
Energiebedarf für Computernutzung	Durchschnittlicher Energiebedarf für die Nutzung von Computer und Peripheriegeräten nach Cremer et al. 2003	Vgl. Kap. 4.2.3.4 Allgemeine Rahmenbedingungen	Vgl. Kap. 4.2.3.4 Allgemeine Rahmenbedingungen	Vgl. Kap. 4.2.3.4 Allgemeine Rahmenbedingungen
Nutzerverhalten im Zusammenhang mit Rechnung per Brief				
Auswertung und Ablage	Wird angesichts zu erwartender geringer Relevanz vernachlässigt	-	-	-

4.2.3.1 Ausgangssituation 2005

Die *Ausgangssituation 2005* ist zum einen charakterisiert anhand quantitativer, T-Com-spezifischer Parameter (Energiebedarf zentrale Technik, spezifischer Strombezugsmix der T-Com). Aus der in Tab.3 dargestellten erforderlichen technischen Elemente (Rechner und Klimatechnik) für die Generierung von Rechnung Online für alle Kunden ergibt sich ein Endenergiebedarf von insgesamt 92,4 kWh elektrischer Energie pro funktionelle Einheit.

Tab. 13: Überblick über die für die Bereitstellung von *Rechnung Online* für alle Kunden im Jahr 2005 insgesamt erforderlichen Rechner und deren Energiebedarf aufgrund der Betriebsdauer in den unterschiedlichen Betriebsmodi. Für den gesamten Energiebedarf der zentralen Technik muss ein Energiebedarf in gleicher Höhe für die Klimatechnik hinzugerechnet werden. Quelle: Oppermann 2004, nach den technischen Datenblättern der jeweiligen Hersteller.

Rechner	Leistungs- aufnahme pro Gerät	Betriebsdau- er pro Gerät	Energiebedar- f pro Gerät	Anzahl Geräte für die Bereitstellung von ReO	Gesamt- energiebedarf für ReO	Anteil der Betriebs- zustände
Einheit	W	h/a	kWh/a	Stück	kWh/a	Prozent
SF 15k Domain mit 1 SB (Domain Server)				4		
Normalbetrieb	1.631	8.260	13.469		53.875	94 %
Volllastbetrieb	1.631	500	815		3.261	6 %
SF 15k Domain mit 2 SB (Domain Server)				1		
Normalbetrieb	2.674	7.560	20.212		20.212	86 %
Volllastbetrieb	2.674	1.200	3.208		3.208	14 %
SUN E250 (Server)				8		
Normalbetrieb	343	6.260	2.147		17.177	71 %
Volllastbetrieb	672	2.500	1.680		13.440	29 %
externer SAN (Storage Area Network)				1		
Normalbetrieb	800	8.460	6.768		6.768	97 %
Volllastbetrieb	3.500	300	1.050		1.050	3 %
eDMZ (externe Demilitarisierte Zone)				1		
Normalbetrieb	1.200	8.760	10.512		10.512	100 %
Volllastbetrieb	1.700		0		0	0 %

Zum anderen wird das Szenario aber auch anhand der Nutzer, ihrem Verhalten und der Rahmenbedingungen, in denen sie sich befinden bestimmt. Auf die Bedeutung der Ausstattung privater Haushalte mit Endgeräten unterschiedlicher Energieeffizienz wird in Kapitel 4.2.3.4 eingegangen. Die Bereitstellung elektrischer Energie erfolgt hierfür durch den durchschnittlichen Strom-Mix Deutschland.

Für RpB wurde eine Verschlechterung durch die Verwendung von Frischfaserpapier im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse geprüft. Für ReO wurde geprüft, inwiefern die separate Versendung der Rechnungsbeilage das Ergebnis beeinflussen würde.

4.2.3.2 Szenario *Business as Usual* im Jahr 2010 (*BaU 2010*)

Für das Jahr 2010 können bei Trendfortschreibung wie sie im Szenario *BaU 2010* vorgenommen wird, gegenüber der *Ausgangssituation 2005* verschiedene Änderungen festgestellt werden. Zunächst hat sich die Kundenzahl in den verschiedenen Nutzergruppen verändert: Nutzergruppe 1 (ReO mit Funktion Rechnung per Email) ist in diesem Szenario auf 9 Mio. angewachsen, die Nutzergruppe 2 (ReO mit Funktion Benachrichtigung per Email) wird nach Annahmen von T-Com bis 2010 verschwunden sein und Nutzergruppe 3 ist im Vergleich zur *Ausgangssituation 2005* auf 1 Mio. Kunden gesunken. Aufgrund der insgesamt dennoch gestiegenen Kundenzahlen von ReO und der damit verbundenen besseren Auslastung ist der Energiebedarf für die zentrale Technik pro Bereitstellung einer ReO gesunken. Um alle 10 Millionen ReO-Kunden abdecken zu können, werden in der gesamten zentralen Technik für ReO drei zusätzliche Geräte benötigt (1x SF 15k Domain mit 1 SB und 2x SUN E250). Pro funktioneller Einheit beträgt der Energiebedarf der zentralen Technik im Szenario *BaU 2010* nur noch 30 kWh für ReO. Der Zuwachs an ReO-Kunden der Nutzergruppe 1 hat auch den Vorteil, dass die zentrale Technik weniger Kapazität vorhalten muss, da der anbieterseitig zeitlich unplanbare Zugriff der Kunden auf die Website deutlich reduziert werden kann. Die Versendung von ReO per Email kann demgegenüber von T-Com geplant werden, so dass die Rechnersysteme optimal ausgelastet werden und deutlich weniger Pufferkapazität vorgehalten werden muss.

Von Relevanz ist auch der Strom-Mix für Deutschland, der sich gegenüber dem Ausgangsjahr 2005 leicht verändert hat. Grundlage hierfür ist der Strom-Mix „Referenzszenario“ (Enquête-Kommission 2002; vgl. Anhang 2).

Zu den veränderten Eigenschaften der Endgeräteausstattung der Privathaushalte im Jahr 2010 steht in Kapitel 4.2.3.4 Näheres. Die Annahmen dieses Szenarios unterscheiden sich bezüglich dieses Punktes nicht vom Szenario *Ökologisch optimiert 2010*.

Für RpB wurde für das Szenario *BaU 2010* abgesehen von der Veränderung des Strom-Mixes keine Veränderung angenommen, da schon sehr günstige Rahmenbedingungen bestehen bzw. für das Ausgangsszenario angenommen wurden. Rechnung und Kuvert von RpB werden mit Recyclingpapier einer Grammaturn von 75 g/m² hergestellt. Hier besteht kein realistischer Spielraum für eine Verbesserung. Die Annahmen für die Distribution wurden für die Szenarien *Business as Usual 2010* und *Ökologisch optimiert 2010* nicht verändert. Die Transportprozesse (Hauptlauf Straße und Nachlauf) haben wie die Beitragsanalyse in Kapitel 6.1.2 zeigt, bezogen auf die Gesamtbilanz von RpB nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtbelastung. Deshalb sind zu erwartende Verbesserungen der Transportprozesse (z.B. Reduktion der NOX- und der Feinstaub-Emissionen s.u.) nicht ergebnisrelevant.

Demgegenüber sind nennenswerte Verbesserungen bei dem ergebnisrelevanten stationären Prozess der Sortierung eher nicht zu erwarten.

Laut Umweltbericht 2003 erfüllten 2001 72 % der über 52.000 PKW und Lieferwagen im Fuhrpark die Abgasvorschriften der Euro 3- bzw. Euro 4-Norm. Pro Jahr werden etwa 8.000 Fahrzeuge neu zugelassen, was aufgrund der besseren Standards neuer Fahrzeuge zu einer kontinuierlichen Verbesserung des Fuhrparks führen wird. Eine weiter gehende Verbesserung wird v.a. im Bereich der Zustellung angestrebt (Einsatz von Elektrofahrzeugen bzw. gasbetriebenen Fahrzeugen, Schulungen hinsichtlich einer kraftstoffsparenden Fahrweise).

Den Berechnungen liegt für die Druckprozesse der Strom-Mix „Referenzszenario“ (Enquête-Kommission 2002; vgl. Anhang 2) zugrunde. In Ermangelung genügend differenzierter spezifischer Daten wurde für den Stromverbrauch des Sortierprozesses demgegenüber die gleiche Datengrundlage verwendet wie für die Ausgangssituation 2005.

4.2.3.3 Szenario *Ökologisch optimiert im Jahr 2010*

Für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010* wurden weiter gehende Veränderungen für ReO angenommen: Zunächst zu den Kundenzahlen. Ausgehend von dem im Jahr 2010 zu erwartenden Anteil an Privathaushalten mit Zugang zum Internet, der sich nach verschiedenen Quellen voraussichtlich auf 53 % aller Privathaushalte belaufen wird, der Anzahl an zu erwartenden Privathaushalten von knapp 40 Mio. und dem Anteil der Internetnutzer, die die Funktion Email benutzen, wurde ermittelt, wie groß die maximal mögliche Kundenzahl für ReO ist (vgl. Tab. 14). Für diese 20 Mio. Kunden von ReO wurde wiederum angenommen, dass sie ReO mit der Funktion Rechnung per Email benutzen, entsprechend fallen die übrigen Nutzergruppen 2 und 3 weg.

Hintergrund dieser Festlegung sind die relativ geringen Umweltbelastungen, die mit dieser Nutzergruppe verbunden sind: sowohl die kurze Computernutzungszeit als auch der Wegfall des Zugriffs auf die Online-Anwendung sparen Energie und senken die Umweltbelastung.

Tab. 14: Entwicklung der Internetzugänge der privaten Haushalte bezogen auf die Gesamtzahl der Haushalte (Quelle: EITO 2004)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2010*
Anteil der Haushalte mit Internetzugang	43 %	50 %	52 %	53 %	53 %	53 %	53 %
Anzahl der Haushalte	38,50 Mio.						39,50 Mio.**
Anzahl der Haushalte mit Internetnutzung	16,55 Mio.						20,93 Mio.*

* Fortschreibung des in EITO 2004 beschriebenen Trends. Vgl. auch DIW-Wochenbericht 30/03.

** Annahme aus IVH 2003

Obwohl neben den Privathaushalten noch weitere Nutzungsorte des Internet eine Rolle spielen, wie nachstehende Tabelle zeigt, wurde davon abgesehen, eine Nutzung von ReO z.B. am Arbeitsplatz einzuberechnen. Hintergrund ist die Tatsache, dass Arbeitnehmer keinen Rechtsanspruch darauf besitzen, das Internet am Arbeitsplatz für private Zwecke zu nutzen (BITKOM 2004). Zudem gibt es eine zunehmende Anzahl von Unternehmen, die die private Nutzung explizit verbietet. Auch andere Nutzungsorte wie bei Freunden oder in Internetcafés erscheinen wenig geeignet für den Abruf der Telefonrechnung. Die Voraussetzung dafür, Kunde der Nutzergruppe 1 zu werden, ist neben einem Internetzugang die Nutzung der Email-Funktion. 95 % der Internetnutzer nutzen Email (EITO 2004). Vor diesem Hintergrund erschien es insgesamt sinnvoll im Szenario *Ökologisch optimiert* eine Kundenzahl von 20 Mio. für ReO anzunehmen.

Tab. 15: Internet-Nutzung. Reichweite nach Nutzungsorten in Bezug auf die Gesamtbevölkerung in 2000/2001; Doppelnennung möglich. Insgesamt lag die Reichweite der Internetnutzung 2000/2001 bei 46 % der Gesamtbevölkerung zwischen 14 und 69 Jahren (Quelle GfK-Online-Monitor 2001).

Nutzungsort	Anteil
Zu Hause	30 %
Am Arbeitsplatz, beruflichen Ausbildungsplatz, in der Universität, in der Schule	19 %
Bei Freunden	15 %
Internetcafés oder andere öffentlichen Orte	4 %
Über Handy (WAP / mit Laptop)	2 %
Summe	70 %

Darüber hinaus wurde angenommen, dass der Energiemix deutschlandweit weiter optimiert wird, entsprechend dem Nachhaltigkeitsszenario, das im Auftrag der Enquête-Kommission „Nachhaltige Energie-Versorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ des Deutschen Bundestages; entwickelt wurde (RRO – Reg/REN-Offensive, vgl. Enquête-Kommission 2002 und Anhang 2).

Für den Energiebedarf der zentralen Technik wird angenommen, dass er sich in gleicher Größenordnung bewegt wie für das Szenario *BaU 2010*. Grundlage hierfür ist die Annahme, dass für 20 Mio. Kunden genau doppelt so viele Rechner benötigt werden wie für 10 Mio. Kunden, sich also am Energiebedarf pro ReO nichts ändert.

Für RpB wurde als ökologische Optimierung angenommen, dass die Rechnungsstellung nur noch alle zwei Monate erfolgt. Der Umfang der Rechnung selbst wird dann zwar um ein Drittel größer, die Zustellung erfolgt dafür nur noch jeden zweiten Monat. Den Berechnungen liegt für die Druckprozesse der Strom-Mix RRO – Reg/REN-Offensive (Enquête-Kommission 2002; vgl. Anhang 2) zugrunde. In Ermangelung genügend differenzierter spezifischer Daten

wurde für den Stromverbrauch des Sortierprozesses demgegenüber die gleiche Datengrundlage verwendet wie für die *Ausgangssituation 2005*; ebenso wurden für die Transportprozesse keine Änderungen angenommen (vgl. Kapitel 4.2.3.2).

Im Rahmen einer Sensitivitätsprüfung wurde geprüft, welche Veränderungen sich ergeben, wenn zusätzlich dazu die Rechnungsbeilage komplett entfallen würde.

4.2.3.4 Allgemeine Rahmenbedingungen

Im folgenden Kapitel werden allgemeine Rahmenbedingungen beschrieben, die sich auf die Endgeräte in privaten Haushalten, die Nutzung des Internet sowie den Energiebedarf für den Datentransfer über das Internet beziehen. Die Darstellung erfolgt überwiegend tabellarisch mit kurzen dazwischen geschalteten Erläuterungen.

Ausstattung der privaten Haushalte mit Endgeräten. Die Ausstattung der Privathaushalte mit Endgeräten und deren Beschaffenheit bezüglich Energieeffizienz ist von Bedeutung, da ein Computer mit Internetzugang zum einen die Voraussetzung für die Nutzung von ReO ist. Zum anderen erlaubt die Kenntnis der Energieeffizienz auch die Zuschreibung des Energiebedarfs zur Computernutzung und damit einer bestimmten Umweltbelastung aus der Energiebereitstellung. Tab. 16 geben einen Überblick über die der Studie zugrunde gelegten Daten.

Berechnet wurde der Energiebedarf eines Haushalts mit einer durchschnittlichen Ausstattung (vgl. Tab. 16), anhand der Leistungsaufnahme der Geräte im Betriebszustand Normalbetrieb (vgl. Tab. 49, Anhang 3) sowie der definierten Nutzungsdauer. Weitere Informationen zum Betrieb der elektronischen Endgeräte in Privathaushalten sind Anhang 3 zu entnehmen.

Tab. 16: Anteil der verschiedenen Endgeräte bei einem Haushalt mit Computerausstattung und Internetzugang in den Jahren 2005 und 2010 (Quelle: Cremer et al. 2003).

Bezeichnung Endgerät	2005	2010
Notebook	18 %	23 %
PC	82 %	77 %
Röhrenbildschirm*	72 %	51 %
Flachbildschirm*	10 %	26 %
Tintenstrahldrucker**	70 %	66 %
Laserdrucker**	25 %	29 %
Analogmodem	7 %	0 %
ISDN-Anschlüsse	49 %	46 %
DSL-Anschlüsse	44 %	54 %

* Die Summe von Röhren- und Flachbildschirm ergibt die Prozentzahl an PCs (Desktop)

** Annahme von Cremer et al. 2003: 95 % aller PCs und Notebooks sind mit Drucker ausgestattet

Energiebedarf für den Datentransfer im Internet. Im Folgenden wurde untersucht, wie hoch der Energiebedarf für den Versand – analog auch zu übertragen auf den Download – einer Datei bezogen auf die transferierte Datenmenge ist. Beispielhaft wurde dies anhand des Versendens einer Email mit einem Dateianhang von 100 kb untersucht. Dies entspricht dem Umfang einer typischen Rechnung per Email mit Einzelverbindungsübersicht. Es handelt sich um eine sehr konservative Betrachtung, bei der der Energiebedarf des Festnetzes nur dem Internetverkehr zugerechnet wird und der Telefonverkehr unbelastet bleibt. In 2003 waren dies 231 Milliarden Verbindungsminuten für Telefonie (Reg TP 2004). Die Gesamtmenge der über das Internet transferierten Daten wurde anhand des Datenverkehrs ermittelt, der über den De-CIX-Knoten⁸ läuft. Dieser entspricht 56 bis 62 %, d.h. im Durchschnitt etwa 59 % des in Deutschland insgesamt transferierten Datenvolumens (Nipper 2004).

Für die Berechnungen wurde der Energiebedarf für den Betrieb des Festnetzes der Deutschen Telekom zugrunde gelegt (vgl. Cremer et al. 2003). Die übrigen Wettbewerber, die selbst ein Festnetz betreiben, wurden vernachlässigt. Aufgrund des nur geringen Anteils dieser Wettbewerber von unter 10 % (Reg TP 2004) ergibt sich daraus nur eine geringfügige Unterschätzung des Gesamtenergieverbrauchs. Der Energiebedarf des Festnetzes beträgt im Jahr 2005 1.314 GWh. Dem Bedarf an elektrischer Energie steht ein Datentransfer von etwa 80 Mio. GByte im Jahr 2005 gegenüber.

Die Beurteilung der zukünftigen Entwicklung ist mit sehr vielen Unsicherheiten hinsichtlich Energiebedarf Festnetzinfrastruktur und transferiertem Datenvolumen behaftet. In der Studie werden vor diesem Hintergrund auch für die Szenarien 2010 die Werte für 2005 verwendet. Der Endenergiebedarf an elektrischer Energie für den Versand einer Email mit 100 kb beträgt 0,00164 kWh.

⁸ Der Deutsche Commercial Internet Exchange (DE-CIX) ist ein Internet-Knoten in Frankfurt am Main. Er wickelt nach eigenen Angaben etwa 59% des deutschen Peering-Verkehrs ab und ist der drittgrößte derartige Austauschpunkt in Europa. Er ist seit 1995 in Betrieb.

Tab. 17: Energiebedarf für die Festnetz-Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen (Deutschland) in 2005 basierend auf der Netzwerkinfrastruktur der Deutschen Telekom. (Quelle Energiebedarf: Cremer et al. 2003).

	Einheit	2005
Leistung pro Telefonkanal	W	2,44
Leistung pro DSL-Anschluss	W	1,8
Nutzungszeit Telefonkanal	h/a	8.760
Nutzungszeit DSL-Anschluss	h/a	8.760
Bestand Telefonkanäle	Stück	53.951.000
Bestand DSL-Anschlüsse	Stück	10.200.000
Verbrauch Endenergie Telefonkanäle	GWh/a	1.153
Verbrauch Endenergie DSL-Anschlüsse	GWh/a	161
Gesamtverbrauch Endenergie	GWh/a	1.314

Exkurs: Die Zuordnung des gesamten Energieverbrauchs des Festnetzes zum Internetdatenverkehr stellt eine erste Näherung dar, die sicherlich den Energiebedarf überschätzt. Allerdings besteht hier eine große Unsicherheit über den tatsächlichen Umfang des Energieverbrauchs, die auch in anderen Studien konstatiert wird. Allerdings kommen auch andere Studien zu ähnlichen Ergebnissen: Werden beispielsweise die Daten von Reichart und Hischer (2001) für den kumulierten Energieaufwand für den Datentransfer über das Internet zugrunde gelegt, die pro funktionelle Einheit einem Wert von etwa 122 kWh elektrischer Endenergie entsprechen, so erweisen sie sich im Vergleich mit den in dieser Studie ermittelten Werte von 112 kWh elektrischer Endenergiebedarf als sehr ähnlich. Um die beiden Werte vergleichen zu können, müssen für die hier vorliegende Studie die Werte für die Email-Distribution (19,7 kWh/fkt. Einheit) und für den Endenergiebedarf der zentralen Technik der Deutschen Telekom (92 kWh/fkt. Einheit) addiert werden. Hinzukommt, dass selbst die Zuordnung des Energiebedarfs zur Hälfte zum Telefonverkehr und zur Hälfte zum Internetverkehr – was praktisch einer Halbierung des Energiebedarfs für den reinen Internetdatenverkehr gleichkäme – nicht ergebnisrelevant wäre.

4.3 Rechenmethode und verwendete Software

Für die Erstellung der Ökobilanz wurde die Ökobilanzsoftware Umberto in der Version Umberto 4.3 verwendet. Zur Berechnung der Sachbilanz werden die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Module und Teilbilanzen entsprechend den jeweiligen Produktlinien zu Bilanznetzen verknüpft und anschließend unter Berücksichtigung der festgelegten funktionellen Einheit berechnet. In diesen Bilanznetzen (siehe Abb. 4 und

Abb. 5) sind die Module bzw. Teilbilanzen als quadratische Zeichenelemente und die Verknüpfungen zwischen diesen Modulen als gelb umrandete Kreise dargestellt. Entnahmen (etwa von Rohstoffen) aus der Umwelt werden in den Netzen als grün gekennzeichnete Kreise, Abgaben an die Umwelt (in der Regel Emissionen) als rot gekennzeichnete Kreise abgebildet.

Rechnung per Brief

Szenario: 2005

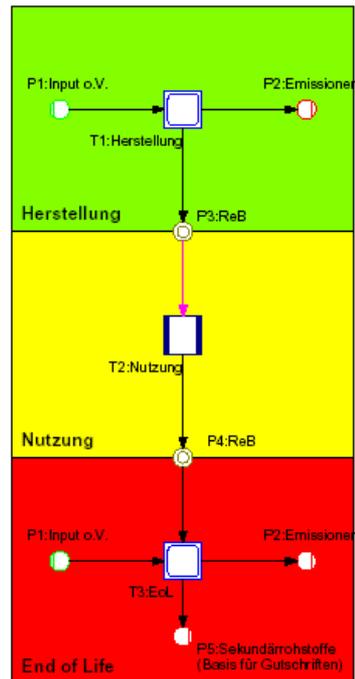


Abb. 4: Hauptnetz von RpB

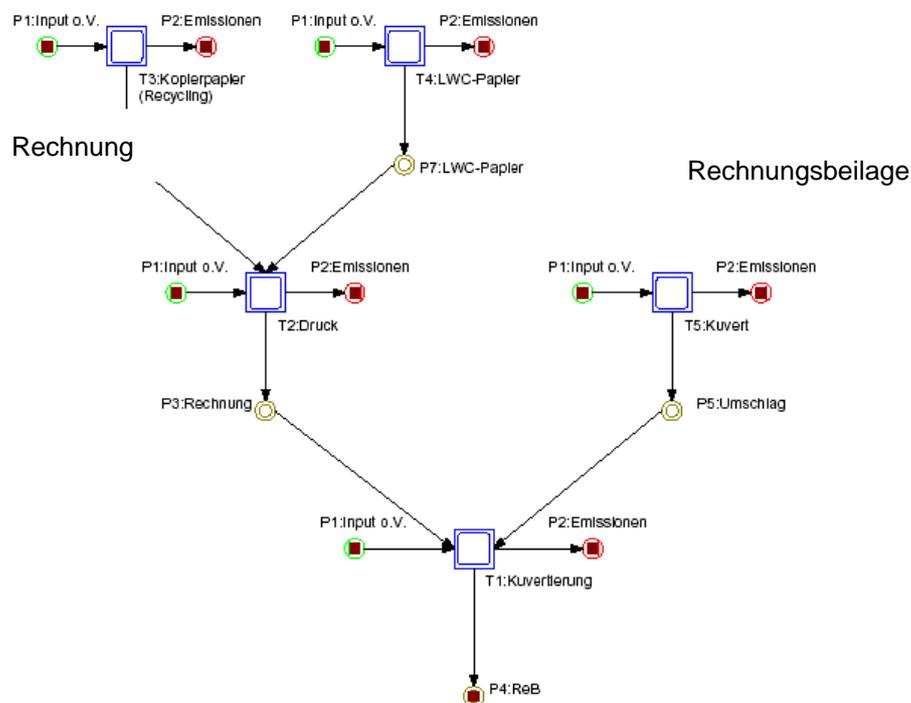


Abb. 5: Subnetz Generierung RpB.

Dieses Bilanzierungsmodell ermöglicht Ergebnisdarstellungen der Sachbilanzen, die über globale Input/Output-Tabellen hinausgehen: so können die Ergebnisse auch nach Modulen bzw. Teilbilanzen, aber auch nach „Sammelstellen“ (z.B. alle Rohstoffe) aufgesplittet werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten diese tiefer gehenden Auswertungen und Darstellungen der Ergebnisse nur exemplarisch für besonders interessierende Zusammenhänge (siehe Kapitel 6.1.2) vorgenommen werden.

5 Wirkungsabschätzung und Auswertung

Allgemein wird in der Wirkungsabschätzung einer Ökobilanz mit Hilfe der Ergebnisse der Sachbilanz die Bedeutung der potenziellen Umweltauswirkungen dargestellt. Konkret werden dabei die Sachbilanzdaten zu Wirkungskategorien zugeordnet und charakterisiert (zum Beispiel Kohlendioxid und Methan zur Wirkungskategorie Treibhauseffekt) und wirkungsbezogen zusammengefasst. Die entsprechenden Berechnungsgrundlagen sind im Technical Paper zu EcoGrade in Anhang 6 verfügbar. Wie in Kapitel 3.8 schon erläutert wurde, wurde auf die Berücksichtigung von Wirkungskategorien zu Ökotoxizität, Humantoxizität sowie metallische Ressourcen verzichtet.

Exkurs: Im Rahmen dieses Vorhabens erfolgte im Rahmen der Wirkungsabschätzung auch eine weiter gehende Transformation der Wirkungsprofile zu Umweltziel-Belastungspunkten (zur Darstellung der Methode siehe Bunke et al. 2002). In diesem Zusammenhang ist

anzumerken, dass dieses weiter gehende Vorgehen nach DIN EN ISO 14042 ein optionaler Bestandteil ist und bei vergleichenden Ökobilanzen, die zur Veröffentlichung vorgesehen sind, nicht normkonform ist. Aus diesem Grund wurde entschieden, diese aggregierte Darstellung der Ergebnisse nur in den Anhang aufzunehmen. Insgesamt wurden in der Wirkungsabschätzung die Wirkungsprofile auf der Grundlage von Umweltzielen zu einer Kennzahl gewichtet und als Zusammenfassung der Umweltproblemfelder Treibhauspotenzial, Versauerung und Überdüngung von Ökosystemen sowie Photooxidantienbildung zusammengestellt. Diese aggregierten Ergebnisse sind in Anhang 1 dargestellt.

Um die Ergebnisse besser abzusichern und interpretieren zu können, wurden Beitragsanalysen und Sensitivitätsrechnungen durchgeführt. Die Beitragsanalysen erfolgten für die *Ausgangssituation 2005*. Die Sensitivitätsanalysen bezogen sich vor allem darauf, ob bei ReO auch ein Ausdruck erfolgt.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen geht das Öko-Institut von der Annahme aus, dass im Falle des KEA und des Treibhauspotenzials Unterschiede zwischen den verglichenen Systemen größer 10 Prozent signifikant sind, im Fall der anderen Wirkungskategorien dagegen Abweichungen ab 20 Prozent.

6 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Studie dargestellt. Zunächst ist jeweils beschrieben, welche Umweltbelastungen mit einer funktionellen Einheit verbunden sind. Für die *Ausgangssituation 2005* ist das Ergebnis dann noch differenziert nach Einzelprozessen dargestellt. Der Einfluss des Ausdruckes von ReO wird jeweils im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse geprüft. Darüber hinaus sind jeweils spezifische weitere Sensitivitätsanalysen durchgeführt worden.

Generell wurden sieben Parameter herangezogen, um die Ergebnisse nachfolgend darzustellen:

- KEA gesamt
- KEA nicht regenerativ
- KEA regenerativ
- Treibhauspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Eutrophierungspotenzial
- Photooxidantienpotenzial

Allerdings werden der Übersichtlichkeit halber nachfolgend nicht in allen Tabellen und Abbildungen alle sieben Wirkungskategorien dargestellt. Hinsichtlich Ihrer Aussage unterscheiden sie sich, soweit im Text nichts anderes vermerkt ist, nicht von den hier dargestellten Wirkungskategorien. Die Ergebnisse der jeweils nicht dargestellten Wirkungskategorien sind als elektronischer Anhang auf CD ROM verfügbar.

In Anhang 1 sind ergänzend dazu noch die aggregierten Ergebnisse aufgeführt.

Da die Ergebnisse auf eine bestimmte Zahl von Stellen gerundet wurden, kommt es in den Tabellen vereinzelt zu scheinbaren Inkonsistenzen bei der Summenbildung.

6.1 Ausgangssituation 2005

6.1.1 Vergleich *Rechnung Online* und *Rechnung per Brief* nach Nutzergruppen

ReO Nutzergruppe 1 (ReO mit Funktion Rechnung per Email) ist die Variante mit den geringsten, während Nutzergruppe 2 (ReO mit Funktion Benachrichtigung per Email) und Nutzergruppe 3 diejenigen mit den jeweils nächst höheren Belastungen sind (vgl. Tab. 18). Die höchsten Belastungen resultieren durch RpB. Die Unterschiede zwischen den Nutzergruppen sind dabei signifikant.

Für RpB ist das Ergebnis mit Gutschrift für ein anteiliges Papierrecycling nach der Nutzung dargestellt. Die Ergebnisse ohne Gutschrift sind den Ergebnisdaten auf der beiliegenden CD ROM zu entnehmen (siehe auch Anhang 6).

Tab. 18: *Ausgangssituation 2005*. Ergebnisse für die betrachteten Wirkungskategorien pro funktionelle Einheit (1.000 Kunden nutzen die Telefonrechnung für ein Jahr). Bei RpB ist die Gutschrift berücksichtigt.

Wirkungskategorie	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 2	ReO NG 3	RpB
KEA gesamt	MJ	1.040	2.480	3.830	7.750
KEA nicht regenerativ	MJ	1.010	2.430	3.760	5.230
KEA regenerativ	MJ	30	50	70	2.430
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ Äq.	90	180	270	350
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ Äq.	0,123	0,267	0,407	0,792
Eutrophierungspotenzial	kg PO ₄ Äq.	0,007	0,022	0,036	0,166
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	0,006	0,011	0,017	0,028

Tab. 19: *Ausgangssituation 2005*. Gesamtergebnis pro funktionelle Einheit relativ zu ReO, NG 1.

Wirkungskategorie	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 2	ReO NG 3	RpB
KEA gesamt	Prozent	100 %	238 %	368 %	745 %
KEA nicht regenerativ	Prozent	100 %	241 %	372 %	518 %
KEA regenerativ	Prozent	100 %	167 %	233 %	8100 %
Treibhauspotenzial	Prozent	100 %	200 %	300 %	389 %
Versauerungspotenzial	Prozent	100 %	217 %	331 %	644 %
Eutrophierungspotenzial	Prozent	100 %	322 %	515 %	2389 %
Photooxidantienpotenzial	Prozent	100 %	181 %	267 %	443 %

Betrachtet man beispielhaft den KEA gesamt, so ändert sich bei Einbezug der Herstellungsaufwendungen für die Computer in den Privathaushalten an der vergleichenden Aussage nichts, ReO schneidet für alle Nutzergruppen signifikant besser ab als RpB. Der Anteil der Herstellung am gesamten KEA liegt dabei zwischen 10 % (ReO NG 1) und 20 % (ReO NG 2 und NG 3).

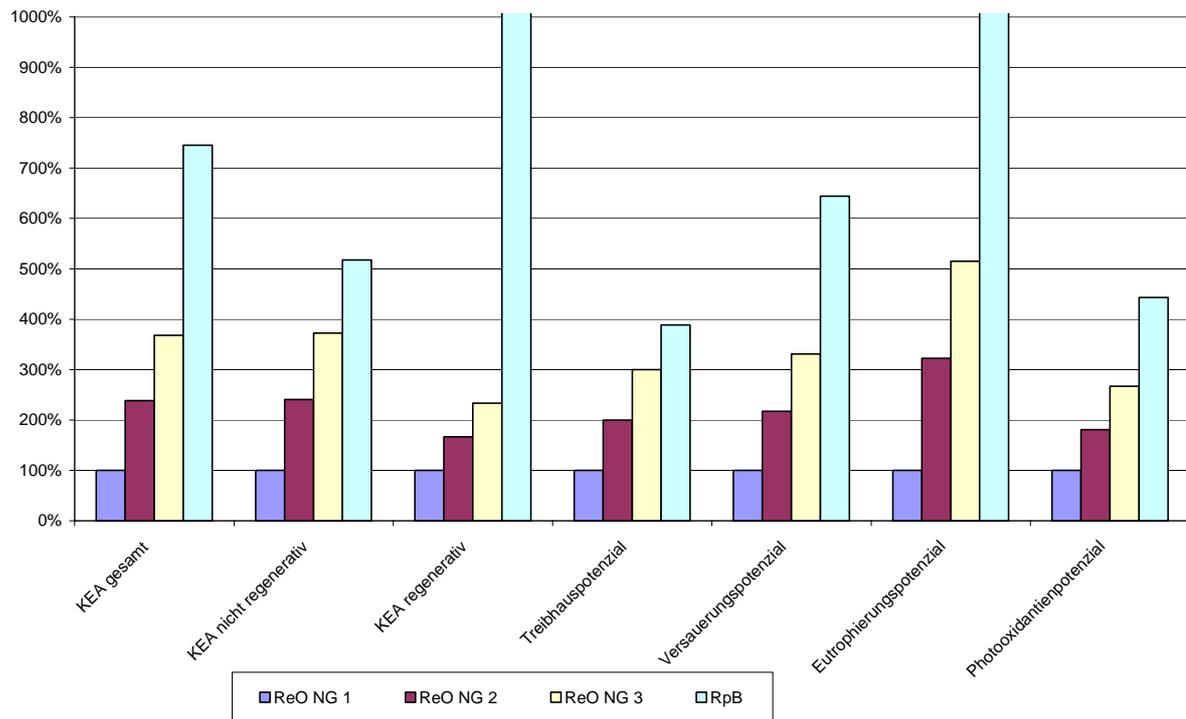


Abb. 6: Grafische Darstellung der relativen Unterschiede der untersuchten Nutzergruppen von ReO und RpB für die Ausgangssituation in 2005.

6.1.2 Beitragsanalyse

Weitere Informationen zur Einschätzung und Interpretation der Ergebnisse liefern die Analysen nach Einzelprozessen im Rahmen einer Beitragsanalyse.

Für RpB sind die Ergebnisse in Tab. 20 dargestellt. Es wird deutlich, dass *Druck und Kuvertierung* für den größten Beitrag bei allen drei betrachteten Parametern verantwortlich sind. Die Einzelprozesse *Sortierung und Transport* liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie End-of-Life (Müllverbrennung und Altpapieraufbereitung). Die für das Recycling und damit die Substitution von Frischfaserpapier erteilte Gutschrift verbessert die Bilanz um maximal 12 %.

Tab. 20: Beitragsanalyse RpB 2005. Ergebnisse von RpB pro funktionelle Einheit nach Einzelprozessen. Abkürzungen: g. gesamt; n.r. nicht regenerativ; r. regenerativ; GWP Treibhauspotenzial; AP Versauerungspotenzial; EP Eutrophierungspotenzial; POCP Photooxidantienpotenzial.

Einzelprozess	KEA g.	KEA n.r.	KEA r.	GWP	AP	EP	POCP
Einheit	MJ	MJ	MJ	kg CO ₂ Äq.	kg SO ₂ Äq.	kg PO ₄ Äq.	kg Eth Äq.
Erstellung (Summe)	6860	4380	2430	310	0,66	0,118	0,027
<i>Druck und Kuvertierung (Teilsumme)</i>	<i>5420</i>	<i>2940</i>	<i>2430</i>	<i>190</i>	<i>0,45</i>	<i>0,097</i>	<i>0,020</i>
Rechnung	2530	860	1630	60	0,15	0,043	0,004
Rechnungsbeilage	1140	1130	10	70	0,16	0,026	0,011
Kuvert	1330	530	780	30	0,10	0,023	0,003
Druck	400	390	0	20	0,04	0,004	0,001
Kuvertierung	30	30	0	0	0,00	0,000	0,000
<i>Sortierung und Transport (Teilsumme)</i>	<i>1440</i>	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>110</i>	<i>0,21</i>	<i>0,021</i>	<i>0,007</i>
Hauptlauf Straße	180	180	0	20	0,07	0,009	0,002
Sortierung Briefzentrum	1240	1240	0	100	0,13	0,011	0,005
Nachlauf	30	30	0	0	0,01	0,001	0,000
End-of-Life (Summe)	1640	1590	10	90	0,22	0,06	0,01
Recycling	1640	1590	10	90	0,21	0,06	0,01
MVA	0	0	0	0	0,01	0,00	0,00
Zwischensumme	8500	5970	2440	400	0,88	0,18	0,03
Gutschrift	750	740	10	50	0,09	0,01	0,00
Gesamtsumme	7750	5230	2430	350	0,79	0,17	0,03

Betrachtet man die Rechnungserstellung gesondert (siehe Abb. 7), so fällt auf, dass die Einzelprozesse, die der Papierherstellung zuzuordnen sind (Herstellung Rechnung, Rechnungsbeilage und Kuvert), zwischen 50 und 80 % der Belastungen verursachen). Auffällig ist auch, dass die Sortierung Briefzentrum mit 16 % (KEA gesamt) bis 29 % (Treibhauspotenzial) einen signifikanten Beitrag zum Ergebnis leistet (Ausnahme: Eutrophierungspotenzial mit einem Anteil von 7 %). Demgegenüber tritt der Anteil der transportbedingten Einzelprozesse (Hauptlauf Straße, Nachlauf) mit maximal 10 % deutlich

zurück. Der KEA regenerativ weicht davon ab, da er zu über 99 % bestimmt wird durch die jeweiligen Papieranteile.

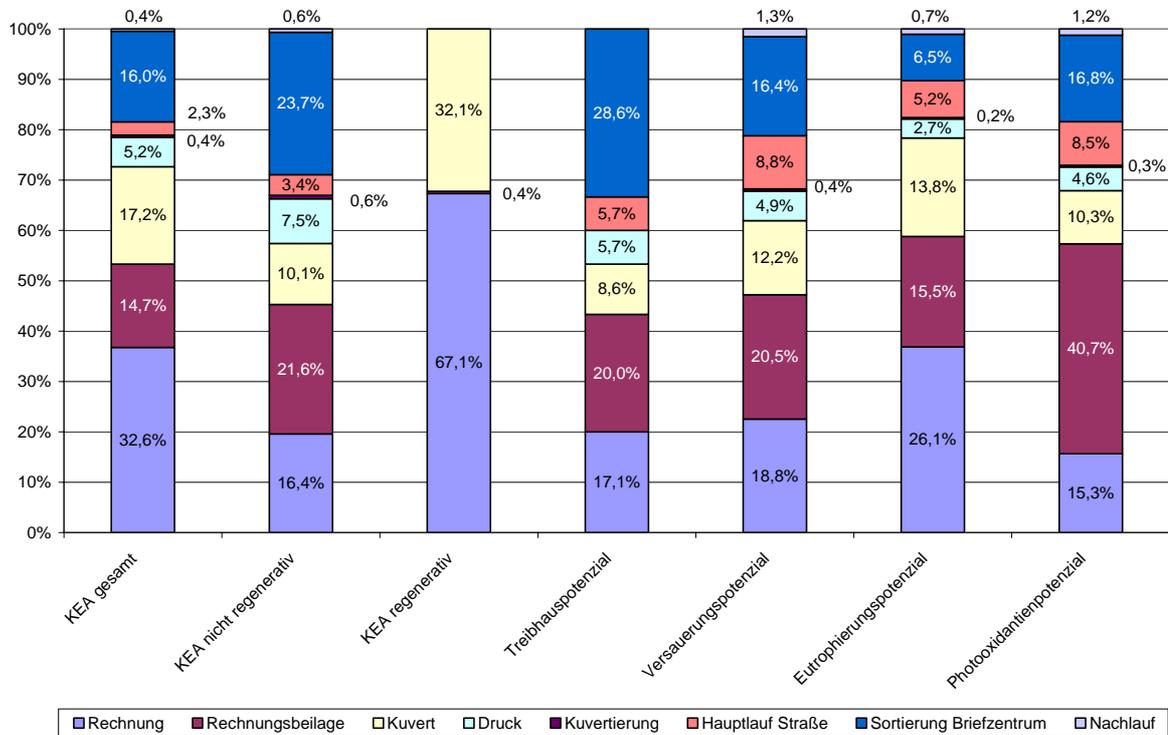


Abb. 7: Anteile der einzelnen Prozessschritte an der Rechnungserstellung für die betrachteten Wirkungskategorien.

Im Gegensatz zu RpB lassen sich hier erhebliche Unterschiede im Ergebnis feststellen, je nachdem wie ReO genutzt wird (vgl. die nachstehenden Tabellen 21 bis 23).

Bei Nutzergruppe 1 überwiegt die Bereitstellung mit einem Anteil zwischen 57 % (Überdüngungspotenzial) und 86 % (Photooxidantienpotenzial) in allen Wirkungskategorien. Demgegenüber gewinnt die Nutzung von ReO bei den Nutzergruppen 2 und 3 die dominante Bedeutung; ihr Anteil beträgt zwischen 45 und 80 % (Nutzergruppe 2) bzw. 51 % und 83 % (Nutzergruppe 3). Letzteres lässt sich durch die längere Computernutzungszeit bei den Nutzergruppen 2 und 3 begründen. Daneben fällt noch ein zweiter Effekt auf. Die Tatsache, dass sowohl NG 2 als auch NG 3 ihre Daten Online abrufen, führt zu einem höheren Aufwand für den Datentransfer über das Festnetz, der im wachsenden absoluten Beitrag der Distribution abgebildet ist.

Tab. 21: Beitragsanalyse für Nutzergruppe 1 von ReO. Ergebnisse von ReO pro funktionelle Einheit nach Einzelprozessen.

Einzelprozess	KEA g.	KEA n.r.	KEA r.	GWP	AP	EP	POCP
Einheit	MJ	MJ	MJ	kg CO ₂ Äq.	kg SO ₂ Äq.	kg PO ₄ Äq.	kg Eth Äq.
Bereitstellung	770	740	30	70	0,10	0,004	0,005
<i>Generierung</i>	<i>630</i>	<i>610</i>	<i>20</i>	<i>60</i>	<i>0,08</i>	<i>0,003</i>	<i>0,005</i>
<i>Distribution</i>	<i>140</i>	<i>130</i>	<i>0</i>	<i>10</i>	<i>0,02</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>
Nutzung	270	260	0	20	0,03	0,003	0,001
Gesamtsumme	1.040	1.010	30	90	0,12	0,007	0,006

Tab. 22: Beitragsanalyse für Nutzergruppe 2 von ReO. Ergebnisse von ReO pro funktionelle Einheit nach Einzelprozessen.

Einzelprozess	KEA g.	KEA n.r.	KEA r.	GWP	AP	EP	POCP
Einheit	MJ	MJ	MJ	kg CO ₂ Äq.	kg SO ₂ Äq.	kg PO ₄ Äq.	kg Eth Äq.
Bereitstellung	880	850	30	80	0,11	0,005	0,006
<i>Generierung</i>	<i>630</i>	<i>610</i>	<i>20</i>	<i>60</i>	<i>0,08</i>	<i>0,003</i>	<i>0,005</i>
<i>Distribution</i>	<i>250</i>	<i>240</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>0,03</i>	<i>0,001</i>	<i>0,002</i>
Nutzung	1.600	1.580	20	100	0,16	0,018	0,005
Gesamtsumme	2.480	2.430	50	180	0,27	0,022	0,011

Tab. 23: Beitragsanalyse für Nutzergruppe 3 von ReO. Ergebnisse von ReO pro funktionelle Einheit nach Einzelprozessen.

Einzelprozess	KEA g.	KEA n.r.	KEA r.	GWP	AP	EP	POCP
Einheit	MJ	MJ	MJ	kg CO ₂ Äq.	kg SO ₂ Äq.	kg PO ₄ Äq.	kg Eth Äq.
Bereitstellung	1.160	1.120	40	110	0,15	0,006	0,008
<i>Generierung</i>	<i>630</i>	<i>610</i>	<i>20</i>	<i>60</i>	<i>0,080</i>	<i>0,003</i>	<i>0,005</i>
<i>Distribution</i>	<i>530</i>	<i>510</i>	<i>20</i>	<i>50</i>	<i>0,066</i>	<i>0,003</i>	<i>0,004</i>
Nutzung	2.670	2.640	30	170	0,26	0,030	0,009
Gesamtsumme	3.830	3.760	70	270	0,41	0,036	0,017

Die Beitragsanalyse von ReO ist für die drei betrachteten Nutzergruppen beispielhaft für das Treibhauspotenzial im Vergleich zu RpB dargestellt (vgl. Abb. 8). Der Beitrag der Nutzung steigt von NG 1 bis NG 3. Da in dieser Betrachtung das Ausdrucken von ReO nicht berücksichtigt ist, fallen bei End-of-Life nur für RpB Emissionen an.

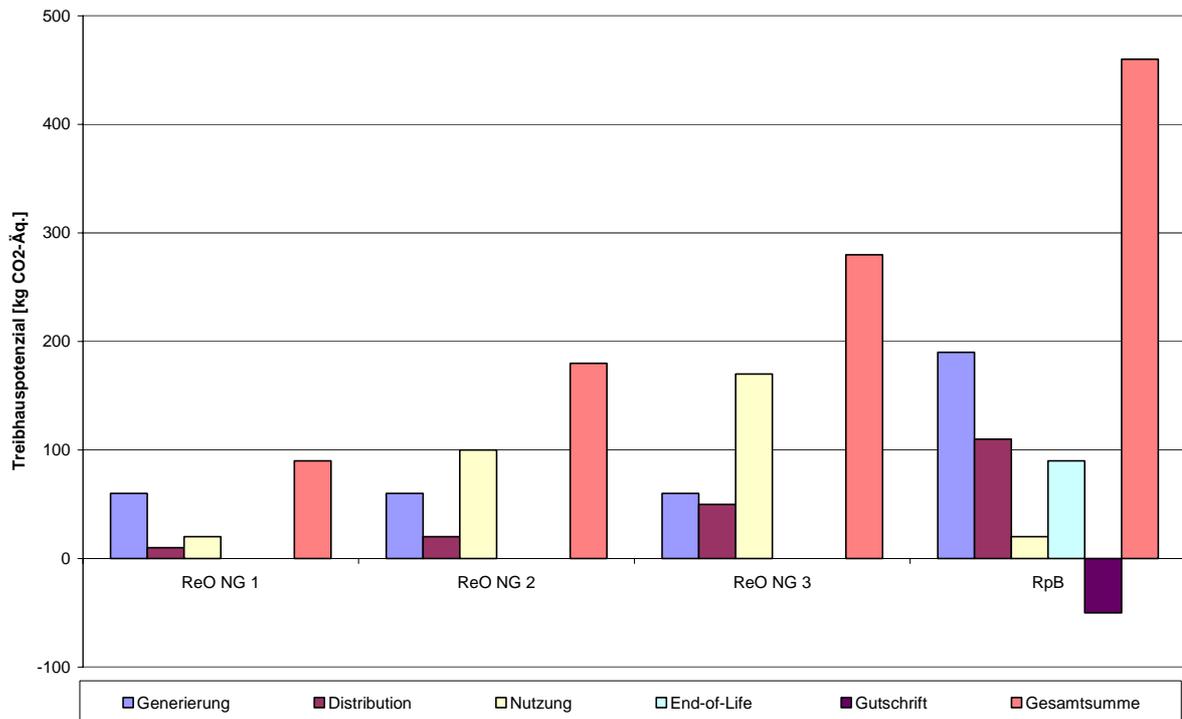


Abb. 8: Gegenüberstellung der Treibhausgasemissionen der Einzelprozesse nach Nutzergruppen von ReO und RpB für die *Ausgangssituation 2005* pro funktionelle Einheit.

6.1.3 *Rechnung Online*: Sensitivität des Ausdrucks der Rechnung

In Tab. 24 ist anhand des Treibhauspotenzials dargestellt, wie sich die Gesamtbelastungen der einzelnen Nutzergruppen aufsummieren, wenn ein entsprechender Ausdruck von ReO erfolgt. Auf die Darstellung der übrigen Wirkungskategorien wurde zugunsten der größeren Übersichtlichkeit verzichtet. Im elektronischen Anhang sind die Ergebnisse für alle einbezogenen Wirkungskategorien aufgezeigt. Deren Ergebnisse unterscheiden sich mit wenigen Ausnahmen, auf die gesondert hingewiesen wird, in ihrer Aussage nicht von dem hier dargestellten Treibhauspotenzial. Relativ große Unterschiede bestehen allerdings bezüglich der Kategorie KEA regenerativ, die stark mit dem Verbrauch von Papier insbesondere Frischfaserpapier gekoppelt ist. Auffällig ist der Unterschied zwischen der Verwendung von Frischfaserpapier und der Verwendung von Recyclingpapier. Bei NG 1 führt dies im Fall eines kompletten einseitigen Ausdrucks der Rechnung (dies entspricht einem Ausdruck auf 4,08 Blatt) zu einer um den Faktor 1,75 höheren Belastung, vergleicht man die Verwendung von Recyclingpapier mit der Verwendung von Frischfaserpapier. Bei den beiden anderen Nutzergruppen fällt dieser Unterschied relativ gesehen geringer aus, da die jeweiligen Sockelbeträge ohne Ausdruck höher liegen.

Im Vergleich zu RpB, dessen Lebensweg mit der Entstehung von 350 kg CO₂-Äquivalenten verbunden ist, zeigt sich auch, dass NG 1 im Fall des einseitigen Ausdrucks der Rechnung auf Recyclingpapier gerade dieses Niveau erreicht, die beiden anderen Nutzergruppen liegen deutlich darüber. Im Fall des Ausdrucks auf Frischfaserpapier stellt sich das Bild anders dar: Hier erreicht NG 1 schon bei doppelseitigem Ausdruck und NG 3 beim Ausdruck nur eines Blatts etwa das Niveau von RpB.

Tab. 24: Einfluss der Ausdrücke auf die Umweltauswirkungen am Beispiel des Treibhauspotenzials bei ReO für alle Nutzergruppen pro funktionelle Einheit. Die Gutschrift für das anteilige Recycling nach der Nutzungsphase ist schon enthalten.

	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 2	ReO NG 3
Treibhauspotenzial ohne Ausdruck	kg CO ₂ Äq.	90	180	270
mit Ausdruck 1 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	210	300	390
mit Ausdruck 2,04 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	330	420	510
mit Ausdruck 4,08 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	580	670	760
mit Ausdruck 1 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	150	240	330
mit Ausdruck 2,04 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	210	300	390
mit Ausdruck 4,08 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	330	420	510

Die nachfolgende Abb. 9 zeigt dies nochmals grafisch auf. RpB befindet sich wie erwähnt auf einem Niveau von 350 kg CO₂-Äquivalenten.

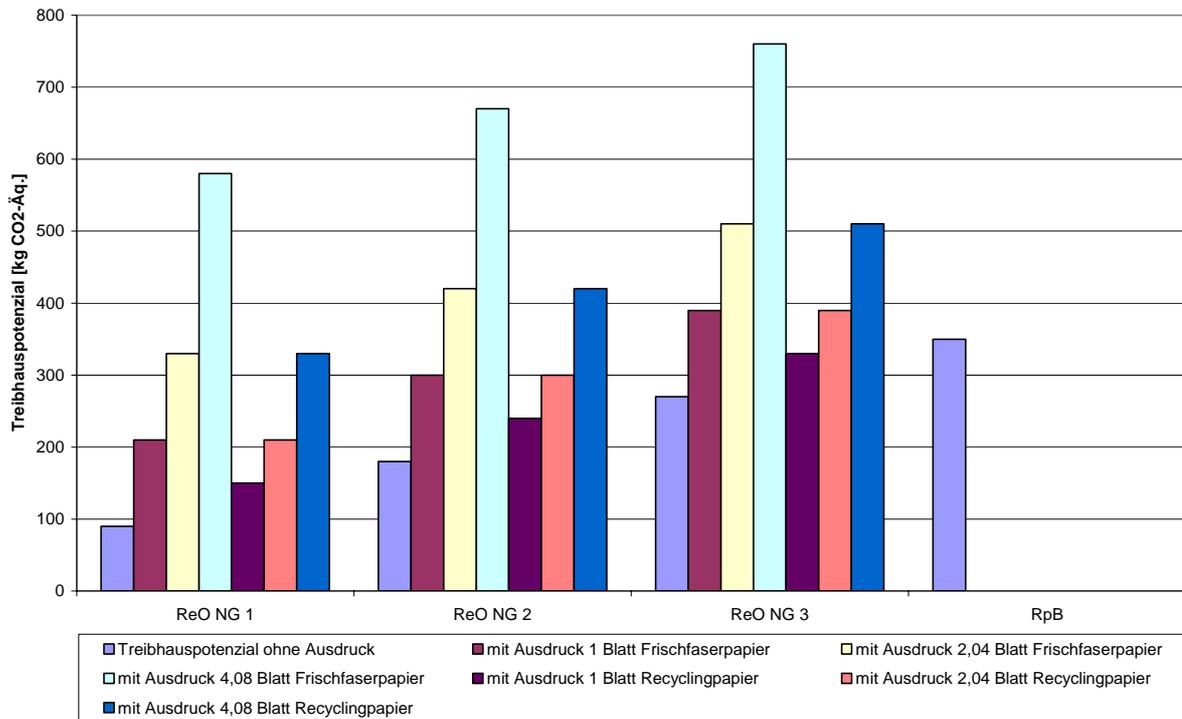


Abb. 9: Einfluss der Anzahl der Ausdrücke und des gewählten Papiertyps auf das Treibhauspotenzial für die *Ausgangssituation 2005*.

Abweichungen vom Ergebnis für das Treibhauspotenzial. Unterschiede in der Aussage ergeben sich hinsichtlich des KEA gesamt für den doppelseitigen Ausdruck auf Frischfaserpapier: hier schneidet auch Nutzergruppe 1 signifikant schlechter als RpB ab. Für die Kategorie Photooxidantienpotenzial hingegen ist das Ergebnis von RpB in diesem Fall signifikant schlechter als das von Nutzergruppe 1. Für den Ausdruck auf Recyclingpapier gilt für die Kategorien KEA nicht regenerativ und Photooxidantienpotenzial, dass RpB schlechter abschneidet als der doppelseitige Ausdruck bei Nutzergruppe 1.

Wie in Kapitel 4.2.1.5 beschrieben, erfolgt durch die Nicht-Berücksichtigung der Sortierung Eingang tendenziell eine Begünstigung von RpB. Da der konkrete Umfang der Begünstigung nicht bekannt ist, erfolgt im Folgenden eine kurze Diskussion, inwiefern es bei einem Einbezug dieses Prozessschrittes zu einer Änderung der vergleichenden Aussagen kommen würde, wenn 50 % der Sortierung Eingang RpB zugerechnet würden (vgl. nachstehende Tabelle). In diesem Fall würde gelten, dass bei einseitigem Ausdruck auf Frischfaserpapier ReO immer signifikant schlechter abschneidet als RpB. Signifikant schlechter ist darüber hinaus nur noch der einseitige Ausdruck auf Frischfaserpapier sowie der doppelseitige

Ausdruck auf Recyclingpapier durch ReO NG 3. Insgesamt zeigt dies, dass sich das relative Abschneiden von ReO bei dem Ausdruck der Rechnung gegenüber RpB durch eine adäquate Berücksichtigung der Sortierung Eingang in bestimmten Fällen noch verbessern würde.

Tab. 25: Relation der Ergebnisse des Treibhauspotenzials für ReO mit/ohne Ausdrücke im Vergleich zu RpB, bei Zurechnung von 50 % der Sortierung Eingang.

2005	ReO NG 1	ReO NG 2	ReO NG 3	RpB
Treibhauspotenzial ohne Ausdruck	23%	47%	70%	100%
mit Ausdruck 1 Blatt Frischfaserpapier	55%	78%	101%	
mit Ausdruck 2,04 Blatt Frischfaserpapier	86%	109%	132%	
mit Ausdruck 4,08 Blatt Frischfaserpapier	151%	174%	197%	
mit Ausdruck 1 Blatt Recyclingpapier	39%	62%	86%	
mit Ausdruck 2,04 Blatt Recyclingpapier	55%	78%	101%	
mit Ausdruck 4,08 Blatt Recyclingpapier	86%	109%	132%	

6.1.4 *Rechnung Online*: Sensitivität der Rechnungsbeilage – falls separat versandt

Angesichts der ökologischen Vorteile von ReO (NG 1) ist die Frage berechtigt, was passieren würde, wenn – trotz gegenteiliger Erwartungen von T-Com – die Rechnungsbeilage einmal pro Monat separat versandt werden würde. Wie die nachfolgenden Tab. 26 bis Tab. 28 zeigen, würden die Umweltbelastungen erheblich ansteigen. Allerdings wurde zunächst angenommen, dass pro ReO-Kunde eine Rechnungsbeilage versandt werden würde. Dies ist so sicherlich nicht für alle Kunden zu erwarten. Wenn – wie bei RpB – aufgrund des erforderlichen positiven Werbekennzeichens nur 48,1 % der Kunden die Rechnungsbeilage zugeschickt bekommen würden, würden sich die Belastungen in allen Kategorien um 43 bis 46 % reduzieren. Allerdings wird bei RpB die Rechnungsbeilage zudem noch portoklassenspezifisch beigelegt, d.h. nur, wenn die Beilage nicht zu einer Portoerhöhung führt, weswegen unklar ist, wie hoch der äquivalente Wert für ReO tatsächlich wäre.

Tab. 26: Umweltauswirkungen der separaten Versendung einer Rechnungsbeilage je ReO Kunden pro funktionelle Einheit. Gutschriften für das Recycling von Kuvert und Rechnungsbeilage sind berücksichtigt.

Wirkungskategorien	Einheit	ReO NG 1	RB separat versandt	Summe
KEA gesamt	MJ	1.040	4.000	5.040
KEA nicht regenerativ	MJ	1.010	3.190	4.200
KEA regenerativ	MJ	30	790	820
Treibhauspotenzial	kg CO2 Äq.	90	220	310
Versauerungspotenzial	kg SO2 Äq.	0,12	0,47	0,59
Eutrophierungspotenzial	kg PO4 Äq.	0,01	0,07	0,08
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	0,01	0,02	0,03

Tab. 27: Relative Umweltauswirkungen der separaten Versendung einer Rechnungsbeilage je ReO Kunden pro funktionelle Einheit. Gutschriften für das Recycling von Kuvert und Rechnungsbeilage sind berücksichtigt. ReO NG 1 ohne separate Rechnungsbeilage ist auf 100 % gesetzt.

Wirkungskategorien	Einheit	ReO NG 1	RB separat versandt	Summe
KEA gesamt	MJ	100 %	385 %	485 %
KEA nicht regenerativ	MJ	100 %	316 %	416 %
KEA regenerativ	MJ	100 %	2633 %	2733 %
Treibhauspotenzial	kg CO2 Äq.	100 %	244 %	344 %
Versauerungspotenzial	kg SO2 Äq.	100 %	383 %	483 %
Eutrophierungspotenzial	kg PO4 Äq.	100 %	1050 %	1150 %
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	100 %	309 %	409 %

Tab. 28 zeigt nochmals die Einzelbeiträge der verschiedenen Prozessschritte auf und macht deutlich, dass der Versand der Rechnungsbeilage gegenüber RpB einige Gemeinsamkeiten bzw. Fixbeiträge aufweist. Dies betrifft neben der Rechnungsbeilage selbst beispielsweise auch das Kuvert, die Kuvertierung sowie Sortierung und Transport.

Tab. 28: Umweltauswirkungen der separaten Versendung einer Rechnungsbeilage je ReO Kunden pro funktionelle Einheit nach Einzelprozessen. Abkürzungen: g. gesamt; n.r. nicht regenerativ; r. regenerativ; GWP Treibhauspotenzial; AP Versauerungspotenzial; EP Eutrophierungspotenzial; POCP Photooxidantienpotenzial.

Einzelprozess	KEA g.	KEA n.r.	KEA r.	GWP	AP	EP	POCP
Einheit	MJ	MJ	MJ	kg CO ₂ Äq.	kg SO ₂ Äq.	kg PO ₄ Äq.	kg Eth Äq.
Erstellung (Summe)	4180	3360	790	240	0,495	0,073	0,023
<i>Druck und Kuvertierung (Teilsumme)</i>	<i>2740</i>	<i>1920</i>	<i>790</i>	<i>120</i>	<i>0,285</i>	<i>0,052</i>	<i>0,015</i>
Rechnungsbeilage	1140	1130	10	70	0,163	0,026	0,011
Kuvert	1330	530	780	30	0,097	0,023	0,003
Druck	220	220	0	10	0,022	0,003	0,001
Kuvertierung	40	40	0	0	0,004	0,000	0,000
<i>Sortierung und Transport (Teilsumme)</i>	<i>1440</i>	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>110</i>	<i>0,209</i>	<i>0,021</i>	<i>0,007</i>
Hauptlauf Straße	180	180	0	20	0,070	0,009	0,002
Sortierung Briefzentrum	1240	1240	0	100	0,130	0,011	0,005
Nachlauf	30	30	0	0	0,010	0,001	0,000
End-of-Life (Summe)	260	250	0	10	0,035	0,010	0,001
Recycling	260	250	0	10	0,034	0,009	0,001
MVA	0	0	0	0	0,001	0,000	0,000
Zwischensumme	4430	3610	800	250	0,530	0,082	0,024
Gutschrift	430	430	0	30	0,059	0,009	0,004
Gesamtsumme	4000	3190	790	220	0,471	0,073	0,020

6.1.5 Rechnung per Brief: Sensitivität der Papierqualität

Aktuell wird bei RpB für die Rechnung ebenso wie für das Kuvert Recyclingpapier verwendet. Nach Aussagen von T-Com ist hier in der nächsten Zukunft auch kein Wechsel vorgesehen. Wie die Sensitivitätsanalysen zum Ausdruck von ReO gezeigt haben, spielt es

eine entscheidende Rolle, ob Recyclingpapier oder Frischfaserpapier verwendet wird. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle dennoch ein Vergleich durchgeführt werden wie die Umweltbelastungen von RpB bei der Verwendung von Frischfaserpapier aussehen würden. Für die Rechnungsbeilage wurde kein Wechsel des Papiertyps angenommen.

Die Ergebnisse des Vergleichs sind in Tab. 29 und Tab. 30 dargestellt. Die Belastungen steigen in den verschiedenen Wirkungskategorien auf 129 % (Photooxidantienpotenzial) bis 157 % (KEA gesamt) verglichen mit RpB wie sie bisher verschickt wird. Der KEA regenerativ weicht aufgrund seiner Korrelation mit dem Papierverbrauch mit 207 % nach oben davon ab.

Tab. 29: Vergleich der absoluten Umweltauswirkungen von RpB auf der Basis von Recyclingpapier und von Frischfaserpapier pro funktionelle Einheit. Gutschriften wurden berücksichtigt.

Wirkungskategorie	Einheit	RpB	RpB Frischfaserpapier
KEA gesamt	MJ	7.750	12.140
KEA nicht regenerativ	MJ	5.230	6.950
KEA regenerativ	MJ	2.430	5.030
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ Äq.	350	470
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ Äq.	0,79	1,07
Eutrophierungspotenzial	kg PO ₄ Äq.	0,17	0,24
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	0,03	0,04

Tab. 30: Vergleich der relativen Umweltauswirkungen von RpB auf der Basis von Recyclingpapier und von Frischfaserpapier. Der Kumulierte Energieaufwand wird als KEA abgekürzt.

Wirkungskategorie	Einheit	RpB	RpB Frischfaserpapier
KEA gesamt	Prozent	100 %	157 %
KEA nicht regenerativ	Prozent	100 %	133 %
KEA regenerativ	Prozent	100 %	207 %
Treibhauspotenzial	Prozent	100 %	134 %
Versauerungspotenzial	Prozent	100 %	135 %
Eutrophierungspotenzial	Prozent	100 %	144 %
Photooxidantienpotenzial	Prozent	100 %	129 %

6.2 Szenario *Business as Usual*

6.2.1 Vergleich von *Rechnung Online* und *Rechnung per Brief* nach Nutzergruppen

Aufgrund der größeren Energieeffizienz der zentralen Technik bei der Generierung von ReO sinkt der kumulierte Energieaufwand gesamt von 1.040 MJ im Jahr 2005 um 37 % auf nur noch 660 MJ im Szenario *BaU 2010*. Die Effizienzsteigerung wirkt sich bei NG 3 weniger stark aus, da andere Beiträge aus der Nutzung und der Distribution überwiegen. Bei NG 3; sinkt die Reduktion auf 13 % jeweils bezogen auf den kumulierten Energieaufwand gesamt und den Vergleich der *Ausgangssituation 2005* mit dem Szenario *BaU 2010*. Bei den anderen Wirkungskategorien verhält es sich ganz ähnlich. Nutzergruppe 2 entfällt.

Alle Varianten von ReO sind mit signifikant weniger Umweltbelastungen verbunden als RpB.

Tab. 31: Überblick über die mit einer funktionellen Einheit verknüpften Umweltauswirkungen für das Szenario *BaU 2010*. Ohne Ausdrücke.

Wirkungskategorie	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 3	RpB
KEA gesamt	MJ	660	3.320	7.600
KEA nicht regenerativ	MJ	590	2.960	5.030
KEA regenerativ	MJ	20	100	2.440
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ Äq.	40	210	340
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ Äq.	0,089	0,453	0,804
Eutrophierungspotenzial	kg PO ₄ Äq.	0,005	0,025	0,164
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	0,004	0,019	0,029

Der Vergleich zwischen ReO NG 1 und RpB, wie er in nachfolgender Tabelle dargestellt ist, lässt erkennen, dass mit der Rechnung per Brief zwischen sieben und zwölf Mal höhere Belastungen verbunden sind als mit ReO bei NG 1. Ebenso wird auch deutlich, dass NG 3 etwa um den Faktor 5 mehr Umweltbelastungen verursacht als NG 1. Im Vergleich zwischen ReO und RpB fallen vor allem die Wirkungskategorien KEA regenerativ und Eutrophierungspotenzial, die bedingt durch die Papierherstellung bzw. das Papier relativ hohe Ergebnisse für RpB aufweisen. Insgesamt schneiden beide Nutzergruppen von Rechnung Online signifikant besser ab als RpB.

Tab. 32: Szenario *BaU 2010*. Gesamtergebnis pro funktionelle Einheit relativ zu ReO, NG 1.

Wirkungskategorie	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 3	RpB
KEA gesamt	MJ	100 %	503 %	1152 %
KEA nicht regenerativ	MJ	100 %	502 %	853 %
KEA regenerativ	MJ	100 %	500 %	12200 %
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ Äq.	100 %	525 %	850 %
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ Äq.	100 %	509 %	903 %
Eutrophierungspotenzial	kg PO ₄ Äq.	100 %	522 %	3469 %
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	100 %	491 %	744 %

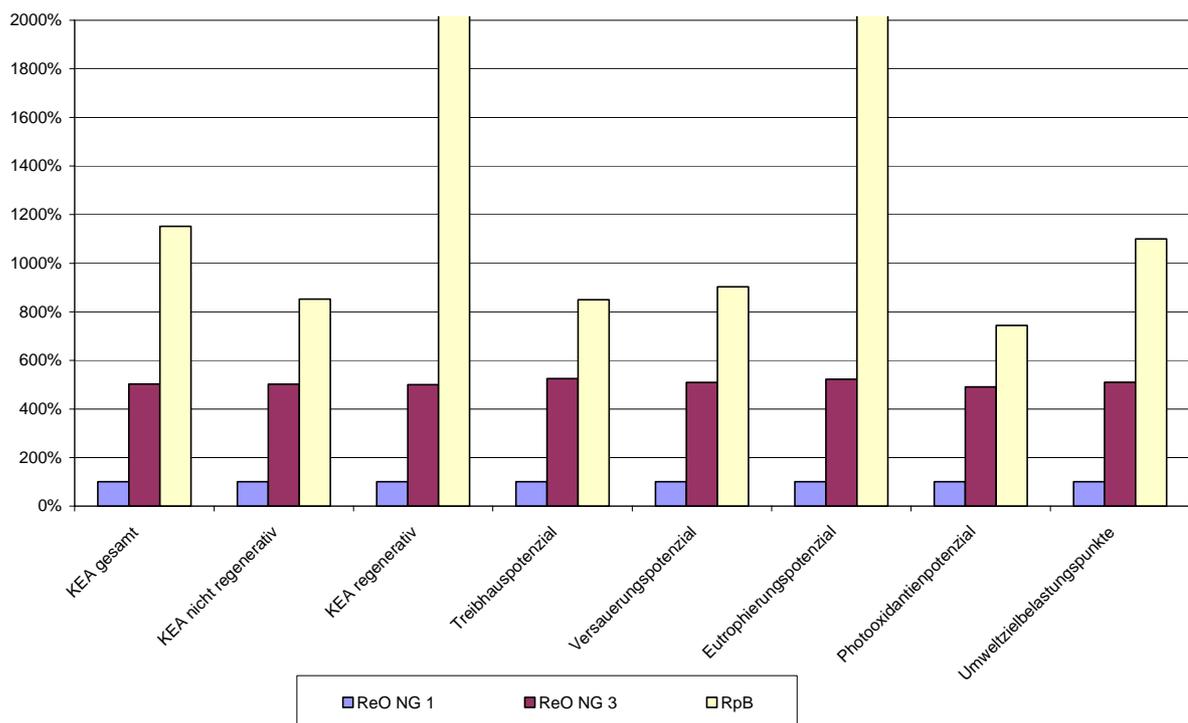


Abb. 10: Relative Unterschiede der untersuchten Nutzergruppen von ReO und RpB für das Szenario *BaU 2010*. Die Werte von RpB für KEA regenerativ (12.200 %) sowie für das Eutrophierungspotenzial (3.469 %) sind in der Abbildung nicht vollständig dargestellt.

Bezieht man am Beispiel des KEA gesamt die Herstellung der Computer in den Privathaushalten in die Betrachtung mit ein, so ändert sich an der vergleichenden Gesamtaussage

nichts, ReO schneidet für beide Nutzergruppen signifikant besser ab als RpB. Der Anteil der Herstellung am gesamten KEA gesamt liegt bei 10 % (ReO NG 1) bzw. 20 % (ReO NG3).

6.2.2 *Rechnung Online: Sensitivität des Ausdrucks der Rechnung*

Die Überprüfung der Sensitivität der Ergebnisse beim Ausdruck der Rechnung wurde beispielhaft für das Treibhauspotenzial durchgeführt (vgl. zur Begründung Kapitel 6.1.3). Die in Tab. 33 und Abb. 11 dargestellten Ergebnisse führen aufgrund der verringerten Sockelbeträge aus der Generierung von ReO zu geringeren Gesamtemissionen. Bei der Verwendung von Recyclingpapier schneidet selbst beim einseitigen Ausdruck der Telefonrechnung Nutzergruppe 1 signifikant besser als RpB ab. Für Nutzergruppe 3 liegt schon der Ausdruck von einem Blatt Frischfaser- bzw. zwei Blatt Recyclingpapier (doppelseitiger Ausdruck) in der gleichen Größenordnung wie RpB. Im Falle der Verwendung von Frischfaserpapier ist die angeführte Verschiebung auch zu beobachten; grundsätzlich führt aber der einseitige Ausdruck der kompletten Rechnung hier bei beiden Nutzergruppen zu signifikant schlechteren Ergebnissen als für RpB.

Tab. 33: Szenario *BaU 2010*. Einfluss der Ausdrücke auf die Umweltauswirkungen am Beispiel des Treibhauspotenzials bei ReO für die Nutzergruppen 1 und 3 pro funktionelle Einheit. Die Gutschrift ist schon enthalten. Das Treibhauspotenzial für RpB liegt zum Vergleich dazu bei 340 kg CO₂-Äq. pro funktionelle Einheit.

	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 3
Treibhauspotenzial ohne Ausdruck	kg CO ₂ Äq.	40	210
mit Ausdruck 1 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	170	340
mit Ausdruck 2,04 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	310	480
mit Ausdruck 4,08 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	570	740
mit Ausdruck 1 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	100	270
mit Ausdruck 2,04 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	160	330
mit Ausdruck 4,08 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	280	450

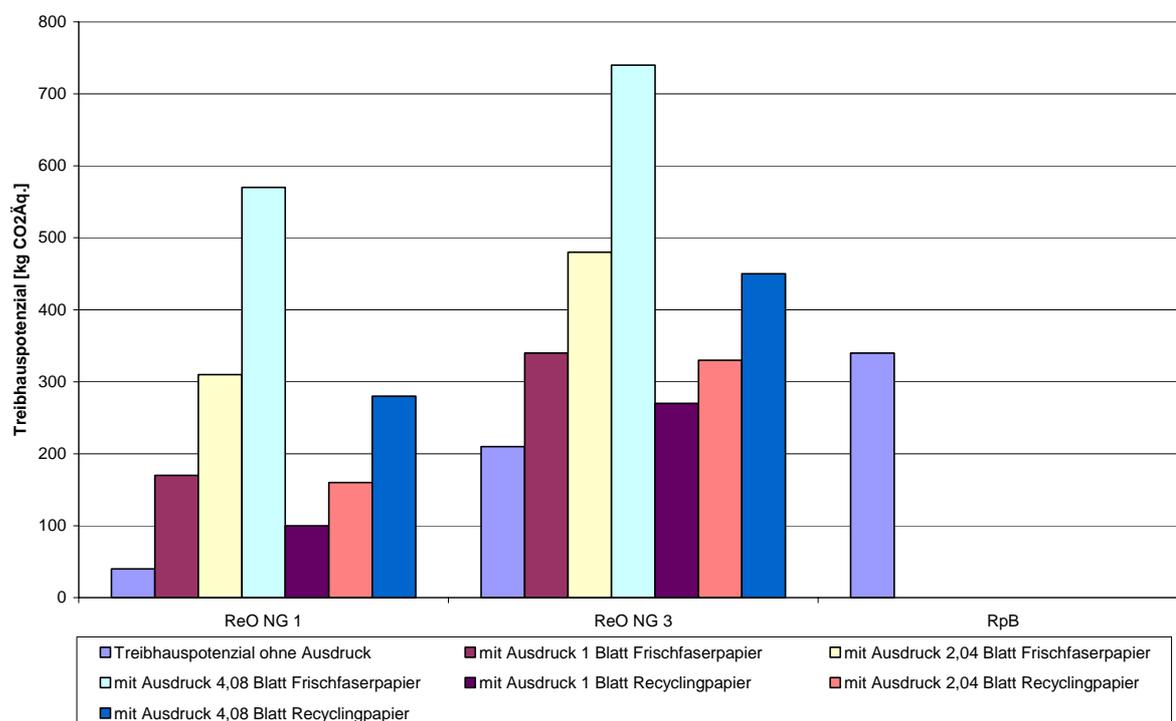


Abb. 11: Einfluss der Anzahl der Ausdrücke und des gewählten Papiertyps auf das Treibhauspotenzial für das Szenario *BaU 2010*.

Abweichungen zum Ergebnis für das Treibhauspotenzial. Unterschiede in der vergleichenden Aussage bestehen hinsichtlich des KEA gesamt. In dieser Kategorie fällt schon der doppelseitige Ausdruck auf Frischfaserpapier bei Nutzergruppe 1 signifikant schlechter aus als das Ergebnis für RpB; für das Eutrophierungspotenzial ist der Unterschied in diesem Fall dagegen nicht signifikant. Bei Nutzergruppe 3 gilt, dass für das Eutrophierungspotenzial der Ausdruck auf einem Blatt Frischfaserpapier signifikant besser ist als das Ergebnis von RpB. Beim Ausdruck auf Recyclingpapier ändert sich für die Kategorien KEA gesamt und das Eutrophierungspotenzial die Aussage insofern, als sich die Ergebnisse für ReO Nutzergruppe 1 und für RpB nicht signifikant unterscheiden.

Würde in der Bilanz bei RpB die Sortierung Eingang adäquat berücksichtigt, könnte es ähnlich wie für die Ausgangssituation 2005 allenfalls in einzelnen Fällen zu einer Verbesserung der vergleichenden Aussage von ReO gegenüber RpB kommen.

6.3 Szenario *Ökologisch optimiert 2010*

6.3.1 Vergleich *Rechnung Online* und *Rechnung per Brief* nach Nutzergruppen

Die Betrachtung der Ergebnisse pro funktionelle Einheit lässt für Nutzergruppe 1 eine geringfügige Reduktion der Belastungen in den unterschiedlichen Wirkungskategorien gegenüber dem Szenario *BaU 2010* erkennen, für RpB sogar eine erhebliche Reduktion

gegenüber dem Szenario *BaU 2010* (zu den Ergebnissen siehe Tab. 34, Tab. 35 und Abb. 12). Der erste Effekt beruht auf den Annahmen zum Strom-Mix in diesem Szenario, der zweite vor allem auf dem Wechsel auf zweimonatliche Rechnungsstellung. Einzig für den KEA regenerativ kommt es infolge des zugrundegelegten Strom-Mixes sowohl für ReO als auch für RpB zu einer leichten Zunahme der Werte.

Tab. 34: Überblick über die mit einer funktionellen Einheit verknüpften Umweltauswirkungen für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010*. Ohne Ausdrücke.

Wirkungskategorie	Einheit	ReO NG 1	RpB
KEA gesamt	MJ	630	4.330
KEA nicht regenerativ	MJ	550	2.760
KEA regenerativ	MJ	40	1.500
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ Äq.	30	190
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ Äq.	0,078	0,441
Eutrophierungspotenzial	kg PO ₄ Äq.	0,005	0,094
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	0,003	0,015

Der Vergleich zwischen ReO NG 1 und RpB, wie er in nachfolgender Tabelle dargestellt ist, lässt erkennen, dass mit der Rechnung per Brief etwa fünf bis sieben Mal höhere Belastungen verbunden sind als mit ReO bei NG 1. Für die Kategorien KEA regenerativ und Eutrophierungspotenzial liegen die Werte sogar um den Faktor 37,5 bzw. 20 höher.

Tab. 35: Szenario *Ökologisch optimiert 2010*. Gesamtergebnis pro funktionelle Einheit relativ zu ReO, NG 1.

Wirkungskategorie	Einheit	ReO NG 1	RpB
KEA gesamt	Prozent	100	687 %
KEA nicht regenerativ	Prozent	100	502 %
KEA regenerativ	Prozent	100	3750 %
Treibhauspotenzial	Prozent	100	633 %
Versauerungspotenzial	Prozent	100	566 %
Eutrophierungspotenzial	Prozent	100	1996 %
Photooxidantienpotenzial	Prozent	100	490 %

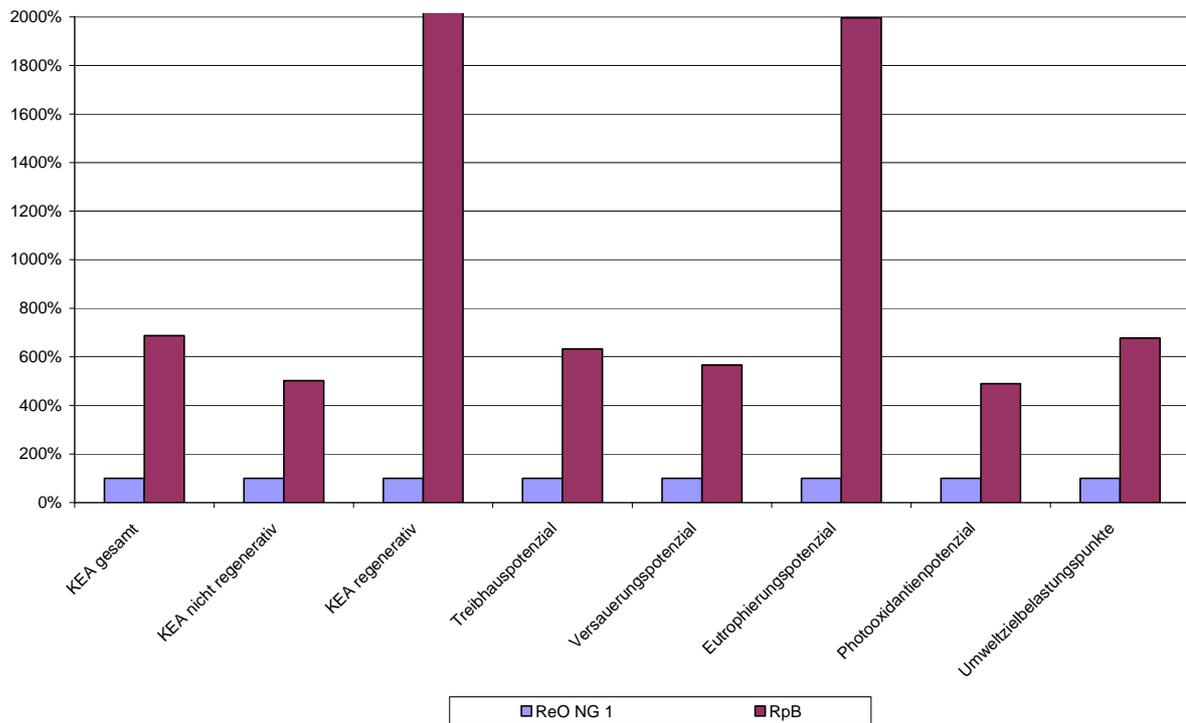


Abb. 12: Darstellung der relativen Unterschiede der untersuchten Nutzergruppen von ReO und RpB für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010*. Aus Gründen der besseren Darstellung wurden die Werte für zwei Kategorien nicht vollständig abgebildet: Der Wert für das Eutrophierungspotenzial liegt bei 3.750 Prozent, der für den KEA regenerativ bei 1.996 Prozent.

Bezieht man die Herstellung der Computer in den Privathaushalten beispielhaft für den KEA gesamt in die Bilanz ein, so ändert sich nichts an der vergleichenden Aussage; ReO Nutzergruppe 1 schneidet signifikant besser ab als RpB. Der Anteil der Herstellung an der Gesamtbelastung liegt bei 10 %.

6.3.2 *Rechnung Online: Sensitivität des Ausdrucks der Rechnung*

Die Überprüfung der Sensitivität der Ergebnisse beim Ausdruck der Rechnung wurde beispielhaft für das Treibhauspotenzial durchgeführt (vgl. zur Begründung Kapitel 6.1.3). Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse zu den Ausdrucken von ReO fällt ähnlich aus wie im Szenario *Business as Usual 2010*. Leichte, wenngleich nicht signifikante Verminderungen der jeweiligen Belastungen sind zu beobachten, führen aber zu keinen grundsätzlich anderen Aussagen, außer dass sich die Betrachtungen auf Nutzergruppe 1, die vergleichsweise geringe Sockelbelastungen ohne Ausdruck aufweist, beschränken können. Wird Recyclingpapier verwendet, so führt ein doppelseitiger Ausdruck der Rechnung auf durchschnittlich 2,04 Blättern mit etwa 20 % weniger Belastungen zu einem signifikant besseren Ergebnis als für RpB. Der Ausdruck auf Frischfaserpapier erreicht bei einem doppelseitigen Ausdruck, d.h. der Verwendung von durchschnittlich 2,04 Blatt Papier dagegen schon eine

um ein Drittel höhere Belastung als RpB. Letzteres gilt auch für einen einseitigen Ausdruck auf Recyclingpapier.

Zum Vergleich ist es wichtig, sich die Veränderungen auch bei RpB zu vergegenwärtigen: das mit RpB in diesem Szenario verbundene Treibhauspotenzial beträgt aufgrund des zweimonatigen Intervalls der Rechnungsstellung 190 kg CO₂-Äquivalente.

Tab. 36: Szenario *Ökologisch optimiert 2010*. Einfluss der Ausdrücke auf die Umweltauswirkungen am Beispiel des Treibhauspotenzials bei ReO für die Nutzergruppe 1 pro funktionelle Einheit. Die Gutschrift für das anteilige Recycling nach der Nutzungsphase ist schon enthalten. Zum Vergleich: Das Treibhauspotenzial für RpB beträgt 190 kg CO₂-Äquivalente.

	Einheit	ReO NG 1
Treibhauspotenzial ohne Ausdruck	kg CO ₂ Äq.	30
mit Ausdruck 1 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	150
mit Ausdruck 2,04 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	270
mit Ausdruck 4,08 Blatt Frischfaserpapier	kg CO ₂ Äq.	520
mit Ausdruck 1 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	90
mit Ausdruck 2,04 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	150
mit Ausdruck 4,08 Blatt Recyclingpapier	kg CO ₂ Äq.	270

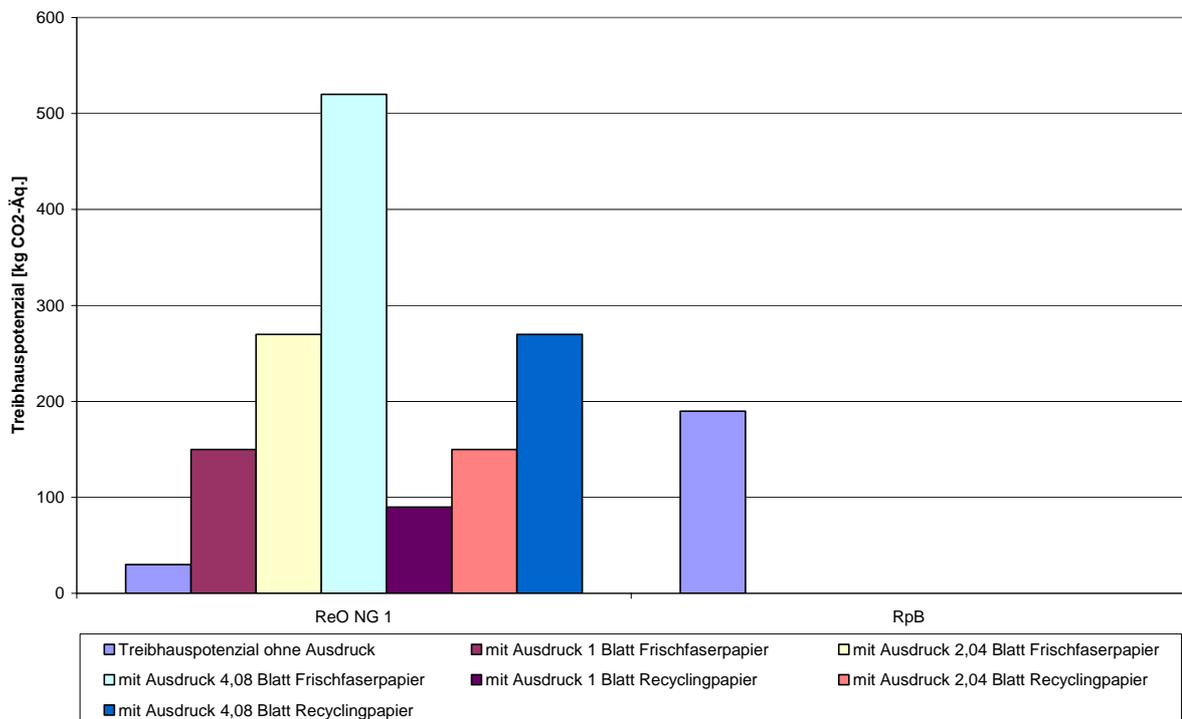


Abb. 13: Einfluss der Anzahl der Ausdrücke und des gewählten Papiertyps auf das Treibhauspotenzial für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010*.

Abweichungen zum Ergebnis für das Treibhauspotenzial. Unterschiede ergeben sich insofern als für den KEA gesamt gilt, dass bei Nutzergruppe 1 schon der doppelseitige Ausdruck auf Frischfaserpapier signifikant schlechter abschneidet als RpB. Ebenso gilt in diesem Fall für das Eutrophierungspotenzial, sowie bei doppelseitigem Ausdruck auf Recyclingpapier für das Eutrophierungspotenzial und den KEA gesamt, dass sich ReO NG 1 und RpB nicht signifikant voneinander unterscheiden. Einzig in den letztgenannten Fällen könnte es sein, dass eine adäquate Berücksichtigung des Prozesses Sortierung Eingang wieder zu einer signifikanten Aussage zuungunsten von RpB führen könnte.

6.3.3 Rechnung per Brief: Sensitivität der Rechnungsbeilage

Für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010* wurde im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse geprüft, welche Einsparungen der Versand von RpB ohne Rechnungsbeilage bringen würde. Ausgehend vom aktuellen Anteil von 48,1 % RpB, die mit Rechnungsbeilage versendet werden, wurde ermittelt, dass durch die Rechnungsbeilage im Fall des KEA gesamt und des KEA nicht regenerativ sowie des Treibhaus- und des Photooxidantienpotenzials signifikant höhere Belastungen zwischen 11 % und 30 % entstehen. Umgekehrt formuliert können zumindest für einen Teil der Wirkungskategorien durch den Verzicht auf die Rechnungsbeilage Umweltbelastungen im Umfang von maximal 30 % vermieden werden.

Tab. 37: Vergleich der absoluten Umweltauswirkungen von RpB mit Rechnungsbeilage und ohne Rechnungsbeilage pro funktionelle Einheit und inkl. Gutschrift für Papierrecycling. Berücksichtigt wurde der heute aktuelle Anteil von 48,1 % Kunden mit Rechnungsbeilage.

	Einheit	RpB mit Rechnungsbeilage	RpB ohne Rechnungsbeilage
KEA gesamt	MJ	4.330	3.860
KEA nicht regenerativ	MJ	2.760	2.330
KEA regenerativ	MJ	1.500	1.480
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ Äq.	190	160
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ Äq.	0,44	0,36
Eutrophierungspotenzial	kg PO ₄ Äq.	0,09	0,08
Photooxidantienpotenzial	kg Eth Äq.	0,02	0,01

Tab. 38: Vergleich der relativen Umweltauswirkungen von RpB mit Rechnungsbeilage und ohne Rechnungsbeilage pro funktionelle Einheit und inkl. Gutschrift für Papierrecycling.

	Einheit	RpB mit Rechnungsbeilage	RpB ohne Rechnungsbeilage
KEA gesamt	Prozent	100 %	89 %
KEA nicht regenerativ	Prozent	100 %	84 %
KEA regenerativ	Prozent	100 %	99 %
Treibhauspotenzial	Prozent	100 %	84 %
Versauerungspotenzial	Prozent	100 %	82 %
Eutrophierungspotenzial	Prozent	100 %	87 %
Photooxidantienpotenzial	Prozent	100 %	70 %

6.4 Gegenüberstellung der Szenarien

Der direkte Vergleich der verschiedenen Szenarien auf der Basis einer funktionellen Einheit, wie er in Abb. 14 am Beispiel des Treibhauspotenzials gezeigt ist, veranschaulicht noch einmal die Ergebnisse, die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt wurden. Die *Ausgangssituation 2005* zeigt für alle Nutzergruppen von RpB und ReO die relativ höchsten Belastungen im Vergleich zu den beiden Zukunftsszenarien *BaU 2010* und *Ökologisch optimiert 2010*. In Szenario *BaU 2010* rührt dies von einer Reduktion der Belastungen in den beiden verbliebenen Nutzergruppen 1 und 3 von ReO. Das Szenario *Ökologisch Optimiert 2010* weist demgegenüber noch eine Reduktion der Umweltbelastung bei RpB auf.

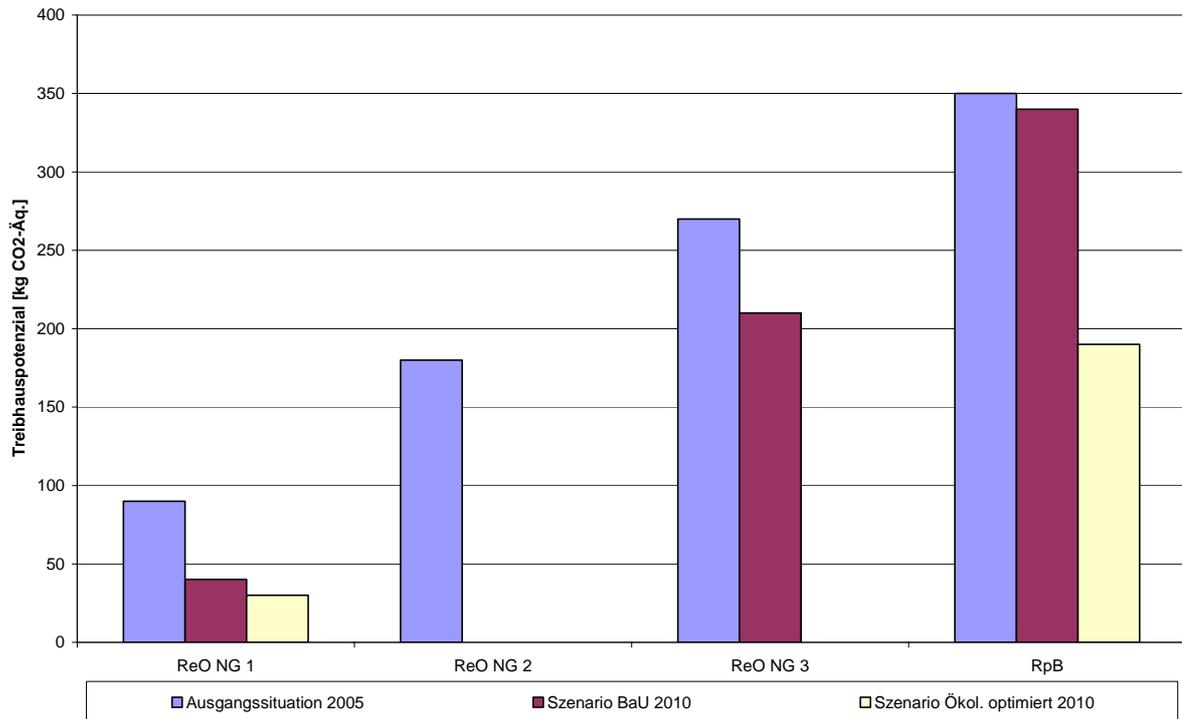


Abb. 14: Vergleich des Treibhauspotenzials der verschiedenen Szenarien von RpB und ReO für alle untersuchten Nutzergruppen pro funktionelle Einheit.

7 Schlussfolgerungen

7.1 Zum Vergleich von *Rechnung Online* und *Rechnung per Brief*

Der Vergleich der beiden Alternativen zeigt für alle betrachteten Nutzergruppen einen signifikanten Umweltvorteil für ReO, zieht man etwaige Ausdrücke nicht in Betracht. Eine zentrale Aussage der Studie lautet allerdings auch: Entscheidend für den Vergleich von ReO und RpB ist das Nutzerverhalten der Kunden im Umgang mit ReO. Dies ist nachfolgend näher ausgeführt:

Nutzergruppe 1 ReO mit Funktion Rechnung per Email: Charakterisiert durch eine nur sehr kurze Nutzung von Computer etc. für den Download der Email durch die Kunden und einen relativ geringen Datentransfer über das Internet, zeigen sich in Nutzergruppe 1 signifikante Vorteile von ReO gegenüber RpB: ReO verursacht Umweltbelastungen nur in einer Größenordnung von maximal 26 % (Treibhauspotenzial) (*Ausgangssituation 2005*) bzw. maximal 20 % (Treibhauspotenzial) (*BaU 2010* und *Ökologisch optimiert 2010*) der Umweltbelastungen von RpB. Allerdings verschiebt sich dieser Vergleich zugunsten von RpB, wenn die Rechnung ausgedruckt wird. Dies soll am Beispiel des Treibhauspotenzials verdeutlicht werden. In 2005 gilt: Die Belastung durch Rechnung Online mit Ausdruck ist nur

dann größer als die Belastung durch Rechnung per Brief, wenn einseitig auf Frischfaserpapier ausgedruckt wird. Der doppelseitige Ausdruck auf Frischfaserpapier und der einseitige Ausdruck auf Recyclingpapier liegen in der Größenordnung der Belastung durch Rechnung per Brief. Das gleiche gilt für das Szenario *Business as Usual 2010*. Im Szenario *Ökologisch optimiert 2010* steht Rechnung per Brief besser da; dabei muss man aber beachten, dass mit der zweimonatigen Rechnungsstellung auch für RpB eine Optimierungsmaßnahme mit nicht unerheblichem Effekt berücksichtigt wurde. Generell gilt, dass nicht alle Kunden von ReO ihre Rechnung tatsächlich ausdrucken, wie dies für den Vergleich angenommen wurde. Würden 60 Prozent aller ReO Kunden ihre Rechnung einseitig auf Frischfaserpapier ausdrucken, so würde dies den Belastungen durch Rechnung per Brief entsprechen.

Nutzergruppe 2 ReO mit Funktion Benachrichtigung per Email: Nutzergruppe 2 tritt nur im Szenario *Ausgangssituation 2005* auf und unterscheidet sich von Nutzergruppe 1 dahingehend, dass neben dem Email-Download auch der Zugriff auf die Online-Anwendung von *Rechnung Online* notwendig ist, um die Rechnungsdaten einzusehen bzw. herunterzuladen. Dadurch bedingt, wird die Computernutzungszeit länger und mehr Daten müssen über das Internet transferiert werden. Beides bedingt einen Anstieg der Umweltbelastungen gegenüber Nutzergruppe 1. Im Vergleich zu RpB verursacht ReO NG 2 nur maximal 51 % der Belastungen. Wird die Rechnung ausgedruckt, so sieht der Vergleich grundsätzlich ganz ähnlich wie bei Nutzergruppe 1 aus: Der Ausdruck auf Recyclingpapier führt allerdings beim einseitigen Ausdruck der kompletten Rechnung schon zu höheren Belastungen als RpB. Beim Frischfaserpapier liegt der Break-Even Punkt schon bei weniger als dem einseitigen Ausdruck der Rechnung, d.h. bei 2,04 Blatt. Auch hier ist der Hinweis angebracht, dass diese Berechnung davon ausgeht, dass jeder Kunde die Rechnung ausdruckt. Konkret bedeutet dies, dass der Ausdruck von mehr als 80 % der Kunden auf 2,04 Blatt Frischfaserpapier das Äquivalent zu RpB darstellt. Für einen Ausdruck auf 4,08 Blatt Frischfaserpapier beträgt das Äquivalent zu RpB mehr als die Hälfte der Kunden.

Nutzergruppe 3 ReO „pur“: Nutzergruppe 3 zeichnet sich infolge zweimaligen Zugriffs auf die Website von *Rechnung Online* und die Nutzung eines Auswertetools durch die Kunden durch die längste Computernutzungszeit aller betrachteten Nutzergruppen aus. Zudem werden deutlich mehr Daten transferiert als bei den anderen Nutzergruppen. Insgesamt führt dies im Szenario *Ausgangssituation 2005* dazu, dass ReO bei dieser Nutzergruppe im Vergleich zu RpB nur maximal 77 % der Umweltbelastungen verursacht. Dieses Ergebnis ist damit ebenfalls signifikant besser. Kommen allerdings Ausdrucke hinzu, so ist zumindest für das Treibhauspotenzial die Größenordnung von RpB schon beim Ausdruck einer Seite erreicht. Im Szenario *BaU 2010* verschiebt sich das Ergebnis zugunsten von ReO: Beim doppelseitigen Ausdruck der Rechnung auf Recyclingpapier ist das Ergebnis von ReO in der gleichen Größenordnung wie RpB. Der Ausdruck auf Frischfaserpapier hingegen führt für den einseitigen Ausdruck zu mehr Belastungen als bei RpB. Würden allerdings nur 45 % der

ReO-Kunden ihre Rechnung einseitig (d.h. auf 4,08 Blättern) auf Frischfaserpapier ausdrucken und die anderen Kunden auf einen Ausdruck verzichten, wären die Belastungen äquivalent zu RpB.

7.2 Empfehlungen

Über den Vergleich der betrachteten Alternativen hinaus wird – getrennt nach ReO und RpB – nachfolgend dargestellt, welche Empfehlungen aufgrund der Ergebnisse der Studie getroffen werden können. Die Empfehlungen beziehen sich auf Maßnahmen, die direkt T-Com betreffen, darüber hinaus aber auch Maßnahmen, die die jeweiligen Kunden ggf. mit Unterstützung von T-Com treffen könnten.

7.2.1 Rechnung Online

Für ReO können folgende Empfehlungen getroffen werden:

- Die Ergebnisse beider Zukunftsszenarien zeigen, dass eine Erhöhung der Energieeffizienz der zentralen Technik, erreicht durch eine bessere Auslastung vorhandener und neu hinzugenommener Rechner-Kapazitäten, das Gesamtergebnis von ReO verbessern, ohne dass am Produkt ReO etwas geändert werden müsste. Dementsprechend sollte diese Möglichkeit auf jeden Fall wahrgenommen werden. Möglicherweise gibt es über die in die Studie einbezogenen Effizienzerhöhungen weitere Optimierungsansätze, z.B. bezüglich der Klimatechnik, die immerhin 50 % des Energieverbrauchs und damit der Umweltbelastungen der zentralen Technik ausmachen.
- Auf eine separate Versendung der Rechnungsbeilage an ReO-Kunden sollte auch weiterhin verzichtet werden. Die Untersuchung zeigte, dass eine separate Versendung der Rechnungsbeilage alle Vorteile von ReO wieder zunichte machen würde und die Gesamtbelastung von ReO und Rechnungsbeilage zusammen in der gleichen Größenordnung wie die Belastung von RpB bzw. sogar noch darüber liegen würden.
- Da das Ausdrucken von ergebnisentscheidender Bedeutung für die Bewertung der Umweltbelastungen von ReO ist, sollte versucht werden die elektronische Version der Rechnung für die Kunden möglichst attraktiv bzw. den Ausdruck möglichst unnötig erscheinen zu lassen. Dies kann z.B. über eine möglichst ansprechende Ansicht der Rechnung am Bildschirm und eine benutzerfreundliche Handhabung versucht werden. Darüber hinaus könnte sich T-Com für die Verwendung von Recyclingpapier durch die Kunden engagieren und den Verzicht des Ausdrucks empfehlen. T-Com würde damit die bezogen auf die Umweltbelastungen relativ gute Position von ReO im Vergleich zu RpB sichern.

- Um die Nutzer von ReO nicht zu häufigeren Zugriffen auf die Website (verbunden mit einer längeren Computernutzung und einem vermehrten Datentransfer und damit höheren Umweltbelastungen) zu animieren, sollte T-Com auch weiterhin auf das so genannte Hot Billing verzichten, bei dem die Rechnungsdaten sehr zeitnah, z.B. schon 24 Stunden nach einem entsprechenden Telefonat, Online bereitgestellt werden.

7.2.2 Rechnung per Brief

Da ReO auch bei Annahme hoher Kundenzuwächse RpB niemals komplett ersetzt wird, sollen an dieser Stelle auch für RpB Empfehlungen getroffen werden:

- Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen mit aller Deutlichkeit, dass die bisherige Praxis beibehalten werden sollte, sowohl für die Rechnung selbst als auch für das Rechnungskuvert Recyclingpapier (mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“) zu verwenden. Auf einen Wechsel der Grammaturn von 75 g/m² auf 80 g/m² sollte ebenfalls verzichtet werden.
- Einen erheblichen Vorteil würde die Versendung der Rechnung per Brief in einem zweimonatigen Rhythmus bringen. Es wird deshalb empfohlen diese Maßnahme zu prüfen. Möglicherweise ist sie nur für einen Teil der Kunden durchführbar. Doch auch dies würde Umweltvorteile bringen.
- Vorteile würde auch ein Verzicht auf die Rechnungsbeilage bringen. Entsprechend sollte überprüft werden, inwiefern der Anteil Rechnungen mit Rechnungsbeilage von den bisherigen 48,1 % weiter reduziert werden kann.

7.3 Diskussion möglicher weiter gehender Aktivitäten

Im Folgenden sind Empfehlungen zusammengefasst, die nicht explizit im Rahmen der Ökobilanz untersucht und quantitativ formuliert wurden, von deren grundsätzlichen positiven Wirkung man allerdings ausgehen kann.

- Da T-Com selbst auch Endgeräte vertreibt, liegt im umweltverträglichen Design dieser Endgeräte (z.B. größtmögliche Energieeffizienz, schadstoffarme Materialien) ein weiterer Ansatz für eine Reduktion der Umweltbelastungen.
- Für die Kunden von ReO liegt der beste Optimierungsansatz in einem Verzicht auf den Ausdruck der Rechnung und einer möglichst geringen Computernutzungszeit für Download und Auswertung. Falls dennoch ein Ausdruck benötigt wird, sollte auf Recyclingpapier gedruckt werden. Hier kann speziell Recyclingpapier empfohlen

werden, dass mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ ausgezeichnet ist. Bei der Verwendung von Frischfaserpapier, sollte auf die Verwendung von Papier geachtet werden, das mit dem FSC-Siegel⁹ ausgezeichnet ist. Das bei der Papierherstellung verwendete Holz stammt dann aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

- Ergänzend dazu wäre seitens T-Com auch für die Rechnungsbeilage ein Wechsel auf Papier sinnvoll, das FSC-zertifiziert ist oder auf Recyclingpapier.

Insgesamt hat die Untersuchung gezeigt, dass der von T-Com eingeschlagene Weg, ReO mit Funktion Email (entsprechend NG 1) zu forcieren, auch aus ökologischer Sicht vorteilhaft zu bewerten ist. Ergebnisse der Marktforschung zu ReO haben gezeigt, dass das Produkt ReO verschiedene Nachteile aufweist, die einer weiteren Verbreitung und Erhöhung der Kundenzahlen entgegenstehen. Zentral sind dabei folgende Aspekte:

- ReO stellt bei T-Com kein eigenständiges Produkt dar, sondern wird nur im Bündel mit anderen Produkten (z.B. Telefonanschlüssen) vermarktet.
- Es fehlen schlagkräftige Argumente und Motivatoren für ReO.

Im Folgenden soll überlegt werden, welche Maßnahmen seitens T-Com ergriffen werden könnten, die das Umweltentlastungspotenzial von ReO aufgreifen und den Kunden einen zusätzlichen Anreiz für den Wechsel von RpB auf ReO bieten könnten. Dies kann aufgrund des begrenzten Projektrahmens allerdings nur in Ansätzen geschehen.

⁹ FSC: Forest Stewardship Council. Forest Stewardship Council ist eine internationale Organisation zur unabhängigen Zertifizierung von umweltgerechter, sozialverträglicher und wirtschaftlich tragfähiger Waldbewirtschaftung. Im November 2002 beurteilte das Ökotest-Magazin in einem Sonderheft „Bauen, Wohnen und Renovieren“ den FSC mit dem Testurteil „sehr gut“. Unter <http://www.fsc-deutschland.de> ist u.a. eine Produktliste abrufbar.

7.3.1 Prüfbedarf Umweltzeichen für *Rechnung Online*

Einen solchen Anreiz könnte es darstellen, wenn ReO mit einem Umweltzeichen seine umweltentlastenden Eigenschaften offensiver nach außen kommunizieren könnte. Der „Blaue Engel“ wäre hierfür grundsätzlich ein geeignetes Umweltzeichen.

Das Umweltzeichen „Blauer Engel“ hat als übergeordnetes Ziel, durch Mitteilung von überprüf-
baren, genauen und nicht irreführenden Angaben zu Umweltaspekten Angebot und Nachfrage
von Produkten und Dienstleistungen zu unterstützen, die deutlich weniger Umweltbelastungen
verursachen. Auf diese Weise werden Produkte und Dienstleistungen gekennzeichnet, die unter
Umweltaspekten im Vergleich zu anderen, dem gleichen Gebrauchszweck dienenden Produk-
ten (d.h. innerhalb einer Produktgruppe bzw. Dienstleistungskategorie) vorzuziehen sind.

Im Rahmen des Umweltzeichens wird von einer ganzheitlichen Bewertung der Produkte über
den gesamten Lebensweg ausgegangen. Bei der Entwicklung von Umweltkriterien für Produkte
werden die Lebenswegabschnitte von der Gewinnung aus Rohstoffen, über die Herstellung,
den Vertrieb, den Gebrauch sowie der Entsorgung jeweils in Bezug auf die entsprechenden
medienübergreifenden Umweltindikatoren berücksichtigt.

(<http://www.blauer-engel.de>)

Allerdings gibt es aktuell keine entsprechende Produktkategorie, unter die ReO fallen würde und damit auch keine Möglichkeit, direkt eine Zertifizierung für ReO zu beantragen. Historisch gesehen, konzentriert sich der „Blaue Engel“ zudem auf (materielle) Produkte und erst in jüngerer Zeit wurden auch Dienstleistungen berücksichtigt. ReO würde unter die Kategorie Dienstleistungen fallen und damit in einen Bereich, der sich hinsichtlich Konzept und Kriterien noch in der Entwicklung befindet. Zugunsten ReO spricht, dass es sich um eine innovative Dienstleistung handelt. In Tab. 39 sind die grundsätzlichen Kriterien dargestellt, die bei der Überlegung, ob eine Dienstleistung – in diesem Fall ReO – für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ geeignet ist, überprüft werden müssen.

Tab. 39: Eignungskriterien für eine Umweltkennzeichnung von verbrauchernahen Dienstleistungen mit Blauem Engel nach UBA 2001.

Relevanzkriterien	
Umweltrelevanz	Art und Umfang der Umweltbelastungen (quantitativ, Qualitativ); Höhe des Umweltentlastungspotenzials
Orientierungshilfe	Möglichkeit des Verbrauchers unter verschiedenen Anbietern wählen zu können; Verbraucherrelevanz (z.B. Nutzungshäufigkeit, Nachfrage, Nutzerkreise)
Operationalisierungskriterien	
Vergleichbarkeit	Vergleichbarkeit der Leistungsmerkmale
Anbieterstruktur	Homogenität/Heterogenität der Anbieterstruktur; Homogene Anbieterstrukturen erleichtern eine Definition des Anwendungs- und Geltungsbereiches
Qualitäts- und Qualifikationsstandards	Vorhandensein anerkannter Qualifikations- und Qualitätsstandards für die Erbringung der Dienstleistung
Quantifizierbare Umwelanforderungen	Umwelanforderungen sollten möglichst quantifizierbar und überprüfbar sein.
Abgrenzung zu unternehmens- und standortbezogenen Umweltlabeln	Eine Konkurrenz mit unternehmens- oder standortbezogenen Umweltkennzeichen sollte vermeidbar sein.

Grundsätzlich könnte seitens T-Com ein Neuvorschlag eingereicht werden, der die Erarbeitung passender Kriterien für ReO bzw. eine entsprechende, noch zu benennende Dienstleistungskategorie zum Ziel hätte. In der Folge würde der Neuvorschlag einer unabhängigen und ehrenamtlich tätigen *Jury Umweltzeichen* vorgelegt. Die *Jury Umweltzeichen* tagt in der Regel zwei Mal im Jahr und entscheidet anhand der vorgelegten Informationen, ob für die vorgeschlagene Produktgruppe ein neues Umweltzeichen geschaffen werden sollte. Bei einer positiven Entscheidung ist das Umweltbundesamt beauftragt, einen Kriterienkatalog zu erarbeiten und diesen mit den Beteiligten aller gesellschaftlichen Gruppen zu diskutieren. Ggf. wird im Vorfeld noch eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Kosten fallen für den Antragsteller zunächst keine an. Allerdings sind im Falle einer Zertifizierung entsprechende Gebühren zu bezahlen. Das genaue Vorgehen ist auf der Website des Umweltzeichens „Blauer Engel“ dargelegt (<http://www.blauer-engel.de>) und soll an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden.

Im ersten Schritt muss entschieden werden, ob für ReO ein Neuvorschlag eingereicht werden soll. Hierzu ist zu bedenken, dass mit einer längeren Laufzeit des Verfahrens gerechnet werden muss und nicht sicher mit einem positiven Entscheid und damit auch der Erteilung eines Umweltzeichens für ReO gerechnet werden kann. Allerdings sollte die Ein-

reichung des Neuvorschlags durch die in dieser Studie erarbeiteten Informationen zu den Umweltaspekten von ReO, insbesondere auch im Vergleich zum Konkurrenzprodukt RpB, erleichtert sein. Insofern dürfte der erforderliche Ressourceneinsatz und damit auch das Risiko überschaubar bleiben.

7.3.2 Schaffung von Zusatzanreizen für Kunden durch die T-Com

Sowohl potenziellen als auch bestehenden Kunden von ReO ist es häufig bewusst, dass T-Com durch ReO Kosten spart bzw. den Kunden selbst Kosten entstehen, die im Fall der Rechnung per Brief durch T-Com getragen werden (z.B. Kosten für Internetnutzung und Papier). Entsprechend könnte es einen Anreiz für den Wechsel zu ReO darstellen, wenn T-Com sich finanziell engagiert. Sei es durch einen direkten finanziellen Vorteil für die Neukunden oder aber durch Engagement im Umweltbereich. Im Folgenden soll eine Möglichkeit für letzteres beleuchtet werden. Sicherlich gibt es noch weitere Möglichkeiten, wie beispielsweise den Kauf von einer bestimmten Menge CO₂-Zertifikaten als Ausgleich für den Stromverbrauch der zentralen Technik von ReO oder der kundeneigenen Rechner.

7.3.2.1 Umweltsponsoring

Mit dem Konzept des Umweltsponsoring verfolgen Unternehmen das Ziel durch die finanzielle Unterstützung oder die Initiierung eines konkreten Projekts, das dem Umwelt- oder Naturschutz dient, selbst direkte oder indirekte Vorteile zu erlangen (z.B. Kundenwerbung, erhöhte Akzeptanz). Beispielsweise könnte seitens T-Com für die Werbung eines ReO-Neukunden eine bestimmte Summe zur Unterstützung eines ausgewählten Projekts bereitgestellt werden, um so den Wechsel von RpB auf ReO attraktiver zu machen und Kunden zu gewinnen.

Das zu unterstützende Projekt sollte einen klaren und leicht verständlichen und möglichst quantitativ erfassbaren Bezug zu ReO besitzen. Vor dem Hintergrund der Studie bieten sich zwei Ansatzpunkte an: aufgrund der zentralen und ergebnisentscheidenden Bedeutung von Papier bei beiden Alternativen erscheint vor allem der Bezug zu Wald oder zu Bäumen allgemein (z.B. auch zu Bäumen in der Stadt oder Alleebäumen) sinnvoll und erfolgsversprechend. Grundsätzlich wäre aber auch der Bezug zur Energiebereitstellung an sich denkbar (z.B. Unterstützung erneuerbarer Energien im Zusammenhang mit dem Stromverbrauch der zentralen Technik).

Der erste Ansatz ließe sich sowohl mit lokalen oder regionalen Projekten in Deutschland verknüpfen, wie dies auch in der Vergangenheit schon in einer Kooperation von T-Com mit dem Bund für Umwelt- und Naturschutz (BUND) geschah (z.B. die Aktion „Baum statt Rechnung“). Dabei spendete die T-Com für die Gewinnung neuer ReO-Kunden in einem festen Aktionszeitraum einen bestimmten Betrag an den jeweiligen BUND Landesverband (Berlin, Schleswig-Holstein, Hessen, Rheinland-Pfalz und Mecklenburg Vorpommern). Der gespendete Betrag wurde dann für Aufforstungsprojekte verwendet.

Dieser Ansatz wäre aber auch im Zusammenhang mit internationalen Projekten denkbar, die z.B. auf anderen Kontinenten angesiedelt sind. Ein Beispiel hierfür wäre ein Projekt zur Unterstützung des Regenwaldes in Afrika. Bezugspunkt sollte auch hier der Wald sein. Vorteilhaft wäre es darüber hinaus, wenn durch das Projekt neben dem Wald auch eine attraktive Tierart (z.B. Menschenaffen, Raubkatzen) geschützt werden könnte. Dieser Ansatz des „Mega-Charming-Animal“ hat sich in der Vergangenheit als erfolgreiche Strategie erwiesen, mit der man Förderer gewinnen kann und gleichzeitig die in der Öffentlichkeit weniger gern aufgegriffenen Tiere (z.B. Insekten) schützt. Ein Beispiel für diese Strategie ist der WWF mit seinem Wappentier, dem Pandabären. In Kooperation mit dem Unternehmen Krombacher führt der WWF derzeit ein Projekt zum Schutz des Regenwaldes im Dzanga-Sangha-Gebiet in Zentralafrika u.a. zum Schutz von Gorillas durch.

Wesentlich für ein solches Umweltsponsoring ist allerdings, dass auf Seiten der projekt-durchführenden Organisation kompetente Partner mit hoher Glaubwürdigkeit, Akzeptanz und Professionalität ausgewählt werden. Erfahrungen in der Kooperation bestehen hierzu wie schon erwähnt mit dem BUND.

8 Literatur und Quellen

- Atlantic and IPU 1998 Atlantic Consulting and IPU. LCA Study of the Product Group Personal Computers in the EU Ecolabel Scheme. LCA Study (Version 1.2). Ecolabel Unit of the European Commission, DG XI.E. Brussels 1998.
- BITKOM 2002 BITKOM (Hrsg.); Drucker, Kopier- und Multifunktionsgeräte. Sicherheit, Gesundheit und Umwelt. In Zusammenarbeit mit Verwaltungs-Berufsgenossenschaft und Fachausschuss Verwaltung. Berlin 2002.
- BITKOM 2004 BITKOM (Hrsg.); Die Nutzung von Internet und Email im Unternehmen. Rechtliche Grundlagen und Handlungsoptionen. Version 1.1. Berlin/Frankfurt, März 2004.
- BMWi 2000 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.); Energie Daten 2000 - Nationale und internationale Entwicklung. Berlin 2000.
- Bunke et al. 2002 Bunke, D.; Gießhammer, R.; Gensch, C.-O.; EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung. UmweltWirtschaftsForum. Springer-Verlag. 10. Jg., H. 4, Dezember 2002.
- Cremer et al. 2003 Cremer et al.; Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen. Projektnummer 28/01. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Karlsruhe, Zürich 2003.
- Dessauer 1992 Dessauer, G.; Gedanken zum Thema "Altpapier und seine Wiederverwertung". Praxis der Naturwissenschaften - Chemie (7) 1992, S. 36-39. Unter <http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/grundlagen/herst-dessauer4.shtml> abgerufen im Mai 2005.
- destatis 2002 Statistisches Bundesamt (Hrsg.); Informationsgesellschaft. Wiesbaden 2002.
- Deutsche Telekom 2001 Elektronischer Datenaustausch. Ein ökologischer Vergleich der elektronischen Telekom-Rechnung versus Telekom-Rechnung per Brief. Deutsche Telekom. Interner Bericht. Bonn 2001.
- Deutsche Telekom 2004 Diverse Mitteilungen per Email von Mitarbeitern der Deutschen Telekom im August 2004
- DIW 2003 Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW). Internetnutzung in Deutschland: Nach Boom nun langsamerer Anstieg erwartet Wochenbericht des DIW Berlin 30/03.
- DPWN 2003 Umweltbericht 2003 der Deutschen Post World Net; im Internet verfügbar unter: http://investorrelations.dpwn.de/deutsch/download/publikationen/2003/umweltbericht_2003.pdf abgerufen im August 2004.
- EITO 2004 European Information Technology Observatory 2004. European Interest Grouping. Frankfurt 2004.

Enquête-Kommission 2002	Enquête-Kommission "Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung" des Deutschen Bundestages. Abschlussbericht 2002.
GEMIS 4.2 2004	Software Gesamt-Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.2 . Stand 2004.
GEMIS 4.1.3.2 2004	Software Gesamt-Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.1.3.2, Stand 2004.
GEMIS 4.0.4.1 2001	Software Gesamt-Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.0.4.1 Stand 2001.
Gensch und Quack 2000	Gensch, C.-O.; Quack, D.; Orientierende ökologische Betrachtung der T-Net-Box. Arbeitsbericht im Rahmen des Projekts "TopTen-Innovationen". Öko-Institut, Freiburg 2000.
GfK Online Monitor 2001	GfK Online – Monitor. Ergebnisse der 7. Untersuchungswelle. http://www.gfk.de/produkte/eigene_pdf/online_monitor.pdf abgerufen im August 2004,
Goedkoop u. Spriensma 2001	Goedkoop, M.; Spriensma, R.; The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life cycle Impact Assessment. Methodology report and Annex. PRé Consultants B.V. Amerfoot 2000. Download from http://www.pre.nl
Groth 2004	Email von Groth, K.; T-Com am 12. August 2004.
Häser 2004	Mündliche Mitteilung Häser, W.; Deutsche Post World Net am 3.9.2004
IVH 2003	Studie zur Heimtierhaltung in Deutschland. Industrieverband Heimtierbedarf e.V. (IVH). In: Zoologischer Zentral Anzeiger, 12. 2003. abgerufen von: http://www.zzf.de/zza/031226.html im August 2004.
Kamburow 2004	Kamburow, C.; E-Paper – Erste Abschätzung der Umweltauswirkungen. Eine ökobilanzielle Betrachtung am Beispiel des Nachrichtenmediums Zeitung. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Werkstattbericht Nr. 67. Berlin 2004.
Morf et al. 2002	Morf, L.; Taverna, R.; Daxbeck, H.; Smuty, R.; Ausgewählte bromierte Flammschutzmittel – Stoffflussanalyse. BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 338. Umweltgefährdende Stoffe. Bern, Schweiz 2002.
Nickel 1996	Nickel, W.; Recycling-Handbuch. Strategien – Technologien – Produkte. VDI-Verlag. Düsseldorf 1996.
Nipper 2004	Mitteilung per Email von Nipper, A.; De-CIX Management 29. Juli 2004.
Nissen 2004	Nissen, M., T-Com. Mündliche Mitteilung im August 2004.
NSC 1999	National Safety Council. EPR2 Baseline Report: Recycling of selected electronic products in the United States. Washington, USA 1999.
Oppermann 2004	Mitteilung von Oppermann, G., T-Com August 2004.
ReG TP 2004	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (ReG TP). Jahresbericht 2003. Marktdaten der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post. Abrufbar unter http://www.regtp.de . Bonn. 2004.

Reichart und Hischier 2001	Reichart, I.; Hischier, R.; Vergleich der Umweltbelastungen bei der Benutzung elektronischer und gedruckter Medien. ugra-report 1008/03. Eidgenössische Materialprüfungsanstalt St. Gallen, Schweiz 2001.
ReO SV 2004	ReO-SV WebLog Analyse. Monatlicher Bericht für Juli 2004, erstellt von Webtrends, NetIQ Cooperation www.netiq.com . Juli 2004. unveröffentlicht
Schaffrath 2004	Mündliche Mitteilung von Herrn Schaffrath, T-Com am 19.7.04.
Schischke et al. 2003	Schischke, K.; Kohlmeier, R.; Griese, H.; Reichl, H.; Life Cycle Energy Analysis of PC's – Environmental consequences of lifetime extension through reuse. Environmental Assessment in the Information Society. Extended Abstracts. Joint SETAC Europe, ISIE meeting and LCA Forum. 3.-4. Dezember 2003, Lausanne Schweiz . Brüssel, Belgien 2003.
Siegel 2004	Siegel, J. A.; Flüssiges Gold. In der Zeitschrift, Spiegel, Heft 45 vom 30. Oktober 2004.
Sihl 2002	Sihl + eika. Umwelt- und Gütezeichen der Papierindustrie. Mitteilung unter http://www.papier.ch/deutsch/Papier/Oekologisch.htm#recycling papiere abgerufen im Juni 2005.
UBA 2000	Umweltbundesamt (Hrsg.); Ökobilanzen für graphische Papiere. A. Tiedemann, C. Böttcher Tiedemann, A. Buschardt et al., veröffentlicht als UBA Texte Nr. 22/2000. Berlin 2000.
UBA 2001	Umweltbundesamt (Hrsg.); Erarbeitung der fachlichen Grundlagen zu Umweltzeichen für verbrauchernahe Dienstleistungen (Auswahl, Kriterienentwicklung). S. Behrendt, L. Erdmann, S. Henseling, M. Kreibich. Forschungsbericht 299 95 319 veröffentlicht als UBA Texte Nr. 75/2001. Berlin 2001.
UBA 2005	Recyclingpapier RAL UZ 14. Grundlage für Umweltzeichenvergabe. Unter http://www.blauer-engel.de/deutsch/produkte_zeichenanwender/vergabegrundlagen/ral.php?id=131 abgerufen im Juni 2005.
Umberto 4.3 2004	Modulbibliothek zur Ökobilanzsoftware Umberto, Version 4.3, Stand 2004.
urbs 2005	urbs media GbR unter http://www.urbs.de/afa/change.htm?afa0a2.htm abgerufen im Mai 2005.
VDP 2004	Verband Deutscher Papierfabriken e.V. unter http://www.vdp-online.de/Statistik/rohstoffe2003.pdf abgerufen am 21.07. 2004.

9 Externes kritisches Gutachten

Kritische Prüfung zur Studie „Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief“

Verfasser Dr. Rolf Bretz, Dr. Rolf Frischknecht
Datum 21.07.2005

9.1 Kurzfassung

Im Jahr 2004 hat T-Com das Öko-Institut e.V., Freiburg i. Br. beauftragt, eine vergleichende Ökobilanz von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief zu erarbeiten. Die Studie wurde gemäss den Anforderungen der DIN EN ISO 14040ff durchgeführt und einer kritischen Prüfung ex post unterzogen. Der vorliegende Reviewbericht ist das Ergebnis eines iterativen Prozesses.

In der Studie wird die online Rechnungsstellung der deutschen T-Com mit der konventionellen Rechnungsstellung per Brief in einer Ökobilanz analysiert und verglichen. Neben dem Istzustand von Rechnung online (ReO) und Rechnung per Brief (RpB) werden auch zwei Zukunftsszenarien mit Zeithorizont 2010 untersucht (Business as Usual und Ökologisch optimiert). Als Vergleichsgrösse dient das Ausstellen von Rechnungen für 1'000 Kunden während eines Jahres (insgesamt also 12'000 Rechnungen).

Das Ziel der Studie ist klar definiert, und die Auswahl der untersuchten Systeme ist der Fragestellung in logischer Weise angepasst. Auch die abgeleiteten Folgerungen sind mit der Zielsetzung in Einklang. Der vorgelegte Schlussbericht ist klar strukturiert, verständlich geschrieben und sorgfältig redigiert. Die Ergebnisdiskussion wie auch die Dokumentation der Modellierung in der Sachbilanz sind ausführlich und gut verständlich.

Die bei der Durchführung der geprüften Ökobilanz angewendeten Methoden stimmen mit den internationalen Normen DIN EN ISO 14040ff. überein und sind wissenschaftlich begründet.

Das Ziel und der Umfang der Studie werden ausführlich beschrieben. Neben den Gründen zur Durchführung werden auch die beabsichtigte Anwendung der Studie und die Zielgruppe benannt. Die Definition des Untersuchungsrahmens erfolgt gemäss den in DIN EN ISO 14041 geforderten Punkten. Es werden drei verschiedene Abschneidekriterien aufgeführt (weggelassen werden: Investitionsgüter, Inputs mit geringem Anteil am gesamten kumulierter Energieaufwand, und bereits vorhandene Infrastruktur im Heimbereich) und in der Studie angewendet. Diese sind in sich nur teilweise konsistent.

Die Produktsysteme für Rechnung Online und Rechnung per Brief sind umfassend beschrieben. Produktionsmittel (Herstellung von Servern beziehungsweise Druckmaschinen)

sind in beiden Produktsystemen nicht berücksichtigt. Die Konsequenz des Weglassens der Heimcomputer wird mit einer quantifizierten Betrachtung aufgezeigt. Dabei zeigt sich, dass die Computer-Herstellung bezüglich Kumuliertem Energieaufwand beim Basisszenario ReO ohne Ausdrucke nur von untergeordneter Bedeutung ist. Allerdings wird durch das Weglassen der Computerherstellung die Schwelle des Umweltvorteils zulasten von RpB verschoben. Zudem sind erhöhte Anteile in Wirkungskategorien zu erwarten, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden. In diesem Punkt besteht allerdings zwischen den Autoren der Studie und dem Review Panel kein grundsätzlicher Dissens, da die Autoren der Studie auf die Notwendigkeit einer ergänzenden Studie verweisen.

Die Sachbilanzrohdaten der beiden verglichenen Produktsysteme werden im Bericht, im Anhang und in elektronischer Form dargestellt. Die im Reviewprozess zur Verfügung gestellten Informationen erlaubten den Gutachtern grösstenteils, die Daten auf ihre Konsistenz, Zweckmässigkeit und Korrektheit zu prüfen.

Die in der Wirkungsabschätzung verwendeten Wirkungskategorien entsprechen dem internationalen Stand der Forschung. Es wurden nur Wirkungskategorien verwendet, über die weitgehend wissenschaftlicher Konsens herrscht. Dieser von den Projektpartnern gewählte konservative Ansatz ist in Übereinstimmung mit der entsprechenden Empfehlung der ISO-Norm 14042. Allerdings wäre es nach Ansicht der Reviewer angezeigt, zusätzlich die Bewertung mit den Wirkungskategorien abiotische Ressourcen und Ökotoxizität durchzuführen.

Mittels Sensitivitätsanalysen werden die Stabilität der Ergebnisse der beiden Produktsysteme Rechnung Online und Rechnung per Brief überprüft und der Geltungsbereich der Folgerungen eruiert. Die Wahl der variierten Grössen und der Variationsbereich werden als zielführend erachtet.

Zusammenfassung und Folgerungen fassen die in der Ergebnisdiskussion und Parametervariation gewonnenen Erkenntnisse ausgewogen und unter Berücksichtigung von Datenlücken und Unsicherheiten zusammen.

Insgesamt stellt das Review-Panel fest, dass die Studie den Anforderungen der ISO 14040ff bis auf einen umstrittenen Punkt der Systemdefinition (Weglassen der Modellierung der Heimcomputer) voll genügt. Das Review-Panel vermutet, dass diese Einschränkung jedoch auf die Gültigkeit von Methode, Ergebnissen und Folgerungen keinen massgebenden Einfluss hat.

9.2 Einleitung und Aufgabenstellung

9.3 Übersicht

Im Jahr 2004 hat T-Com das Öko-Institut e.V. beauftragt, eine vergleichende Ökobilanz von Rechnung Online und Rechnung per Brief zu erarbeiten. Die Studie soll gemäss den

Anforderungen der DIN EN ISO 14040ff durchgeführt werden. In der vorliegenden Studie werden vergleichende Aussagen über die Rechnungsstellung von T-Com vorgenommen, die zur Veröffentlichung bestimmt sind. Deshalb ist die Durchführung einer kritischen Prüfung der Ökobilanz nach ISO 14040 Abschnitt 7.3.3 obligatorisch. Gemäss diesem Abschnitt wird ein externer Experte als Vorsitzender eines Review-Panels eingesetzt. Das Öko-Institut e.V. beauftragte im Namen der T-Com Dr. Rolf Bretz als Vorsitzenden, der seinerseits Dr. Rolf Frischknecht, ESU-services als weiteren externen Experten beizog. Beide besitzen langjährige Erfahrungen mit Ökobilanzen und sind mit der ISO 14040 gut vertraut. Das so zusammengesetzte Review-Panel wurde mit der Durchführung einer kritischen Prüfung ex post betraut.

9.4 Ziel und Untersuchungsrahmen der kritischen Prüfung

Durch die kritische Prüfung soll gemäss ISO 14040, Abschnitt 7.1 sichergestellt werden, dass

- die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden mit der internationalen Norm übereinstimmen;
- die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden wissenschaftlich begründet sind und dem Stand der internationalen Ökobilanz-Technik entsprechen;
- die verwendeten Daten in Bezug auf das Ziel der Studie hinreichend und zweckmässig sind;
- die Auswertungen die erkannten Einschränkungen und das Ziel der Studie berücksichtigen;
- der Bericht transparent und in sich stimmig ist.

Für die kritische Prüfung (im iterativen Verfahren) lagen die folgenden Dokumente vor:

- erste Version des Schlussberichtes (Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief: Analyse nach Nutzergruppen für die Jahre 2005 und 2010; Technischer Bericht, Freiburg, 29. Oktober 2004)
- Anhang zur ersten Version des Schlussberichtes (Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief: Analyse nach Nutzergruppen für die Jahre 2005 und 2010; Anhang, Freiburg, 20. Oktober 2004)
- elektronischer Anhang: mitgelieferte Excel-Resultattabellen (datiert 4.4.2005)
- revidierte Version des Schlussberichtes (Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief: Analyse verschiedener Varianten der Festnetztelefonierechnung nach Nutzergruppen für die Jahre 2005 und 2010, Technischer Bericht, Freiburg, 9.6.2005)

- elektronischer Anhang: dazugehörige revidierte Excel-Resultattabellen (datiert 8./9.6.2005)
- technische Beschreibung EcoGrade 2.0 Methodology Description, Martin Möller, Dirk Bunke, Carl-Otto Gensch, Dietlinde Quack, Philipp Vogt, Freiburg, Juni 2005 (als Anhang 7)
- letzte Version des Schlussberichtes (Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief: Analyse verschiedener Varianten der Festnetztelefonierechnung nach Nutzergruppen für die Jahre 2005 und 2010, Technischer Bericht, Freiburg, 13.7.2005)
- elektronischer Anhang: dazugehörige revidierte Excel-Resultattabellen (Ergebnisse Sachbilanz, datiert 1.-6.6.2005; Ergebnisse Wirkungsabschätzung, datiert 13.7.2005).

Während der Review-Phase fanden die folgenden Treffen statt:

- 27.4.2005 in Freiburg i.Br. zu einer ersten Besprechung der bis dann erfolgten Rückmeldungen, Teilnehmer Dr. Dietlinde Quack, Martin Möller, Dr. Rolf Frischknecht, Dr. Rolf Bretz
- 4.7.2005 in Freiburg i.Br. zur Finalisierung des revidierten Schlussberichtes, Teilnehmer Dr. Dietlinde Quack, Carl-Otto Gensch, Dr. Rolf Frischknecht, Dr. Rolf Bretz
- Für die Schlussbesprechung des Berichts zur kritischen Prüfung wurde kein gesondertes Treffen durchgeführt; sie erfolgte im Einverständnis mit allen Beteiligten via e-mail und telefonisch.

Einsicht in die Berechnungsgrundlagen war dem Review Panel während der Durchführung der Studie nicht möglich, da die kritische Prüfung ex post erfolgte. Die Sachbilanzrohdaten der beiden verglichenen Produktsysteme werden im Bericht nur auszugsweise dargestellt, sie sollen in einer Daten-CD dem Schlussbericht beigelegt werden. Die Reviewer hatten naturgemäss keinen Zugriff zur verwendeten Ökobilanz-Software, erhielten aber auf Anfrage Einsicht in alle Sachbilanzdaten und Modelle. Die im Reviewprozess zur Verfügung gestellten Informationen erlaubten den Gutachtern grösstenteils, die Daten auf ihre Konsistenz, Zweckmässigkeit und Korrektheit zu prüfen.

9.5 Einschätzung der Studie gemäss ISO 14040ff.

9.6 Vorgehen und Überblick

Das Review-Panel hat die vorliegende Studie „Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief“ nicht von Anfang an begleitet, sondern wurde gemäss

der Entscheidung des Auftraggebers erst nach Vorliegen der ersten Version des Schlussberichtes (datiert Oktober 2004) beigezogen.

Somit war eine Interaktion mit dem Projektteam bei der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, der Modellierung des Systems inkl. Festlegung der Grenzen und Abschneidekriterien und der Wahl der Datenkategorien direkt nicht möglich. Ebenso konnte die Erfassung, Auswahl und Validierung der Daten nicht begleitet und somit auch nicht beurteilt werden.

Die korrekte Übertragung von Daten aus der EDV-Software in die Resultat-Tabellen und von dort in den Bericht wurde nicht überprüft; die Gutachter gehen davon aus, dass diese Überprüfung durch eine hausinterne Qualitätskontrolle erfolgte.

Die kritische Prüfung fand in mehreren Etappen statt. Die in einem ersten vorläufigen Reviewbericht (in zwei Teilen, 20.4.2005 und 25.4.2005) formulierten Empfehlungen des Gutachters wurden mit dem Projektteam am 27.4.2005 diskutiert. Die überarbeitete Studie (Version 9.6.2005) wurde den Gutachtern nochmals vorgelegt. Die Autoren haben die Anmerkungen beider Reviewer in sehr kooperativer Weise zur Kenntnis genommen und einen beträchtlichen Teil in die folgende Version integriert. Nach einer Überprüfung der in der neuen Berichtsversion zusätzlich dokumentierten Sachbilanzrohdaten wurden sinnvolle Ergänzungen am 4.7.2005 diskutiert und die sachdienlichen Empfehlungen der Gutachter umgesetzt.

Die endgültige Fassung des Berichts wird nach Vorliegen eines Entwurfs des Gutachterberichts erstellt.

Einige der während der kritischen Prüfung gemachten Kommentare führten zu Änderungen in der Studie. Im vorliegenden Bericht ist dies bei den entsprechenden Kommentaren vermerkt.

In den nachfolgenden Absätzen werden die gemäss ISO 14040 durch das Review zu beantwortenden Fragen behandelt. Die Aussagen zu den beiden ersten Fragen werden in einem einzigen Abschnitt zusammengefasst.

9.7 Wissenschaftlichkeit und ISO-Konformität der angewendeten Methoden

Die bei der Durchführung der geprüften Ökobilanz angewendeten Methoden stimmen mit den internationalen Normen DIN EN ISO 14040ff. überein und sind wissenschaftlich begründet.

Die Definition des Ziels und des Untersuchungsrahmens wird ausführlich und umfassend beschrieben. Die Wahl der funktionellen Einheit ist für das Ziel der Studie zweckmässig und wird in der Studie konsequent angewendet. Damit sind die Anforderungen der ISO 14041, Ziffer 5 erfüllt.

Als Abschneidekriterien wird einerseits die Unterscheidung zwischen Investitionsgütern (capital equipment) und Betriebsaufwendungen unterschieden, wobei erstere nicht in die

Analyse einbezogen werden. Andererseits werden Prozesse, Produkte und Dienstleistungen nicht berücksichtigt, deren Beitrag zum kumulierten Energieaufwand weniger als 5 % beträgt. Drittens wird die Heimcomputerherstellung nicht einbezogen mit der Begründung, dass Heimcomputer nicht wegen der Rechnung Online angeschafft würden. Da das Weglassen der Computerherstellung die in der Definition des Untersuchungsrahmens eingeführte Abschneideregulierung der relativen Bedeutung gemessen am kumulierten Energieaufwand verletzt, wird den Anforderungen der ISO-Normen 14041, Ziffer 5.3.5 (relative Bedeutung vernachlässigbarer Prozesse bezüglich Masse, Energie beziehungsweise Umweltbelastung) nur teilweise Rechnung getragen.

Die projektspezifischen Allokationen werden detailliert beschrieben und begründet. Dabei wird in erster Linie der Ansatz der Systemerweiterung verwendet (Papierrecycling und Kraftwärmekopplung). Die Allokationsansätze sind jeweils bei beiden Produktsystemen identisch. In der Ergebnisdiskussion werden Resultate mit und ohne Gutschriften ausgewiesen, was den Anforderungen der ISO 14041, Ziffer 6.5.2 entspricht.

Die projektspezifischen Sachbilanz-Rohdaten werden im Bericht und im Anhang gezeigt oder sind in elektronischer Form verfügbar. Die Hintergrunddaten werden mit dem Hinweis auf "Umberto" und "Gemis" (inklusive Versionsnummer) und dem entsprechenden original Datensatznamen referenziert. Dies erlaubt das Nachvollziehen der Modellierung und der Ergebnisse. Damit werden aus Sicht der Gutachter die anspruchsvollen Anforderungen der ISO-Norm 14041, Abschnitt 8¹⁰, an die Berichterstattung erfüllt.

Die Wirkungsabschätzung beinhaltet die fünf Wirkungskategorien Primärenergiebedarf (total und erneuerbar und nicht erneuerbar getrennt), Treibhauseffekt, Photooxidantienbildung, Versauerung und Überdüngung. Weitere Wirkungskategorien wie abiotische Ressourcen, Human- und Ökotoxizität oder die Beeinflussung der Biodiversität durch die Umwandlung und Beanspruchung von Naturraum (Waldnutzung bei der Produktion holzhaltiger Papiere) wurden mit Verweis auf fehlenden wissenschaftlichen Konsens bei der Modellierung dieser Effekte aber nicht berücksichtigt. Da die Computer-Herstellung nicht berücksichtigt wurde (was die Gutachter bedauern), bleibt das Nichtverwenden von Ökotoxizitäts-Wirkungskategorien allerdings ohne weit reichende Folgen.

Dieser von den Projektpartnern gewählte konservative Ansatz bei der Auswahl der Wirkungskategorien ist in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der ISO-Norm 14042. In Ziffer 5.3.3 dieser Norm wird empfohlen, dass die verwendeten Wirkungskategorien, die Wirkungsindikatoren und die Charakterisierungsmodelle international akzeptiert sein sollten.

¹⁰ In Abschnitt 8 wird unter anderem gefordert, dass Berichte zu Händen von Dritten eine qualitative und quantitative Beschreibung der Einheitsprozesse, die Quellen publizierter Literatur und die Berechnungsweise beinhalten müssen.

Auch die Anforderung gemäss Ziffer 9 der ISO 14042, wonach die Wirkungsabschätzung auf der Basis eines genügend umfangreichen Sets von Wirkungsindikatoren durchzuführen sei, ist – mit der oben erwähnten Einschränkung bezüglich Ökotoxizität beziehungsweise abiotische Ressourcen – erfüllt.

Auf eine Vollaggregation in der Wirkungsabschätzung wird verzichtet (siehe auch 9.9), womit die an vergleichende, öffentliche Ökobilanzen diesbezüglich gestellten Anforderungen der ISO 4042, Ziffer 9 erfüllt sind.

9.8 Einschätzung von Umfang, Zweckmässigkeit und Konsistenz der verwendeten Daten

Die verwendete Modellierungs-Software Umberto erlaubt eine zeitgemässe und rationelle Datenverarbeitung. Sie unterstützt die effiziente Modellierung der Sachbilanz auf der Stufe von Einheitsprozessen in Kombination mit "cradle to gate" Datensätzen. Die Software ist für die im Rahmen dieses Projektes zu analysierenden Produktsysteme geeignet.

Die Produktsysteme der beiden Dienstleistungen Rechnung Online und Rechnung per Brief werden umfassend beschrieben. Diejenigen Prozesse, Produkte und Dienstleistungen, die zwar für eine Rechnungsstellung und –auswertung ("Rechnung Online" und "Rechnung per Brief") benötigt werden aber nicht bilanziert sind, werden explizit aufgeführt. Deren Nichtberücksichtigen wird jeweils auch begründet. Die Gründe sind aus unserer Sicht in den meisten Fällen stichhaltig und entsprechen den Empfehlungen der ISO Normen. Eine Ausnahme bildet das Argument zum Weglassen der Herstellung des Heimcomputers. Da dessen Herstellung gemäss den Aussagen der AutorInnen einen kumulierten Energieaufwand in der Höhe von immerhin 40% ihres gesamten Energieaufwandes verursacht, hätten es die Gutachter es begrüsst, diesen Prozess in der Ökobilanz konsequent mitzuführen. In diesem Punkt besteht allerdings zwischen den Autoren der Studie und dem Review Panel kein grundsätzlicher Dissens, da die Autoren der Studie auf die Notwendigkeit einer ergänzenden Studie verweisen.

Da die Sachbilanzdaten der Briefverarbeitung innerhalb der Deutschen Post bei RpB nur in kumulierter Form verfügbar waren, ist eine Beurteilung der Konsistenz der dort verwendeten Hintergrunddaten mit den für die übrigen Prozesse bei RpB und bei ReO (Stichworte sind Diesel- und Strombereitstellung) schwierig. Die nur kumuliert vorhandenen Sachbilanzdaten verhinderten auch ein Anpassen der Modelle an die Situation der beiden Zukunftsszenarien 2010 (Business as Usual und Ökologisch Optimierte). Eine Generierung detaillierterer Daten durch die Deutsche Post war nach Angaben der Autoren im Projektzeitraum nicht möglich.

Insbesondere bei Transportprozessen wären Zukunftsszenarien ebenfalls von Interesse gewesen, weil durch die Erneuerung des Fuhrparks der Deutschen Post (Gesamterneuerung in ca. 8 bis 10 Jahren) deutliche Reduktionen in den NOX- und Partikelemissionen zu

erwarten sind. Allerdings sind diese Reduktionen aufgrund der geringen Beiträge zur Gesamtbilanz von RpB von untergeordneter Bedeutung.

Das Verwenden von Zukunftsszenarien bei der Strombereitstellung erachten die Experten als sehr wertvoll. Die Gutachter erachten die dabei verwendeten Sachbilanzdaten als zweckmässig .

Insgesamt kommt das Expertenpanel zum Schluss, dass die für die beiden untersuchten Systeme ReO und RpB verwendeten Daten weitgehend konsistent sind. Im Bereich Briefverarbeitung, einem zentralen Teil des Produktsystems RpB wurden aber kumulierte Daten verwendet, deren Zweckmässigkeit nicht abschliessend beurteilt werden kann.

9.9 Einschätzung der inhaltlichen Konsistenz von Zielsetzung und Folgerungen

Das Ziel der Studie ist klar definiert, und die Auswahl der untersuchten Systeme ist der Fragestellung in logischer Weise angepasst. Auch die abgeleiteten Folgerungen sind grossmehrheitlich mit der Zielsetzung in Einklang, die unterschiedlichen ökologischen Folgen der verschiedenen Formen der Rechnungsstellung, RpB und ReO, miteinander zu vergleichen.

Einzelne Annahmen zum Nutzerverhalten in den verschiedenen Varianten widersprechen allerdings dem Anspruch der Studie, aufzuzeigen, welche Umweltauswirkungen aktuell mit beiden Rechnungsalternativen verbunden sind. So sind die angenommenen Vorgehensweisen beim Ausdruck von ReO nicht durch entsprechende Benutzerdaten oder –umfragen erhärtet. Insbesondere die Machbarkeit (und Häufigkeit) des doppelseitigen Ausdrucks auf Heimgeräten konnte nicht überzeugend dargestellt werden; sie findet allerdings nur in verschiedenen Sensitivitätsrechnungen Verwendung, bei denen auch der einseitige Ausdruck und die Verwendung verschiedener Papiersorten analysiert wurden. Andere Unklarheiten betreffen die Zugriffshäufigkeit bei ReO, über die unterschiedliche Angaben vorliegen, sowie die Laufzeit von PCs, die wegen eines Breitbandanschlusses ohne grosse Kostenfolge stundenlang am Netz belassen werden können.

In einigen Fällen erschien die System-Modellierung den Experten nicht völlig adäquat zum Ziel der Untersuchung, die Varianten realistisch zu vergleichen. So widersprach der Anspruch, „möglichst robuste Aussagen hinsichtlich ReO“ durch Verwendung von „worst case“ Annahmen bei RpB zu gewinnen, der Zielsetzung, alle Varianten ökobilanziell fair zu bewerten, vor allem wenn sich RpB unter gewissen Umständen als günstiger erweisen sollte. Der Widerspruch wurde vom Projektteam aufgenommen und konnte durch veränderte Annahmen und insbesondere zusätzliche Sensitivitätsrechnungen weitgehend ausgeräumt werden.

Eine ähnliche Einseitigkeit fiel dem Review-Panel auch bei den Zukunftsszenarien auf, die die mögliche positive Entwicklung bei ReO in vielfacher Hinsicht berücksichtigen, während

Weiterentwicklungen bei RpB (emissionsärmerer Fuhrpark Post, verbesserte Papierherstellung) nicht modelliert wurden. Durch den Einbezug weiterer Sensitivitätsrechnungen, vor allem zur zweimonatlichen RpB, konnte hier eine Reihe ausgewogenerer Folgerungen erreicht werden.

Das erklärte Ziel der Szenarien ist nicht, Prognosen für „die“ erwartete Zukunft zu liefern, sondern lediglich ein Spektrum möglicher Zukunftsperspektiven aufzuzeigen. Dem standen die ursprünglich vorgesehenen Kapitel „Ergebnis für alle Kunden“ bei den Einzelszenarien entgegen, welche genau solche Prognosen enthielten. Im Sinne der Konsistenz mit der Zielsetzung wurde auf diese Vorhersagen auf Empfehlung der Experten verzichtet.

Die Wahl der Systemgrenzen ist gesamthaft mit der Zielsetzung konsistent, kann jedoch in Einzelfällen die abgeleiteten Folgerungen möglicherweise verzerren. Das Verwenden von drei verschiedenen Abschneidekriterien (Ausklammern sämtlicher Investitionsgüter („capital equipment“), weniger als 5 % Beitrag zum kumulierten Energieaufwand, Ausschluss der Herstellung der Endgeräte im privaten Haushalt und der zentralen Technik, siehe auch Abschnitt 9.7)) führt in dieser Studie dazu, dass langlebige, hoch ausgelastete Druckmaschinen (bei RpB) mit privat genutzten PCs (bei ReO) gleichbehandelt werden, deren Abschreibungsdauer nur 3-4 Jahre beträgt. Das Problem wurde vom Projektteam erkannt; eine überschlagsmäßige Energieabschätzung ergab zudem, dass die Herstellung von PCs bis zu 40% ihres gesamten Energieaufwandes beiträgt, und dass der Anteil der PC-Herstellung am kumulierten Energieaufwand (KEA) von ReO zwischen 10 und 20 % liegt. Damit ist das Abschneidekriterium in der Zielsetzung (5% des Energieaufwandes) verletzt. Gleichwohl wurde auf den Einbezug der Heim-PCs verzichtet, was zu einer tendenziellen Begünstigung der Varianten ReO führen kann. Es wurde aber gezeigt, dass der Einbezug der PC-Herstellung mindestens beim KEA die beobachtete Rangfolge der Varianten im Basisszenario und ohne Ausdrücke bei ReO nicht verändert.

Der Entscheid, die PC-Herstellung wegzulassen, hat jedoch weiterreichende Folgen auf die Auswahl der Wirkungskategorien. Während die meisten in der Studie untersuchten Prozesse sich um Energiebereitstellung / Elektrizität, Strassentransport und Papierherstellung gruppieren und daher hauptsächlich „energielastige“ Wirkungsindikatoren (Treibhauspotenzial, Versauerung und Eutrophierung) haben, würde der Einbezug der PC-Herstellung die Wirkungskategorien nicht-energetische Ressourcen und (öko-)toxische Emissionen erhöhen. Mangels flächendeckender Daten in diesen Kategorien wurden die letztgenannten in den Schlussfolgerungen der Studie nicht berücksichtigt, was tendenziell ReO begünstigt. Andererseits wurde auch der Sachbilanzparameter Feinstaub (mangels adäquater Daten) nicht in die Schlussfolgerungen einbezogen, welcher vermutlich vor allem aus dem Strassentransport stammt und daher eher das Ergebnis von RpB belasten dürfte.

Trotz der genannten Vorbehalte und in Anbetracht der vorgenommenen Verbesserungen kommt das Review-Panel zur Ansicht, dass die abgeleiteten Folgerungen mit der Zielsetzung der Studie konsistent sind.

Das Ziel der Studie umfasst zwei Hauptanwendungen, interne Optimierung und externe Kommunikation an Endkunden. Für die letztere wird die Kritische Prüfung benötigt, und EN ISO 14042 legt fest, dass eine (wahlweise mögliche) Gewichtung nicht für zur Veröffentlichung bestimmte Aussagen angewendet werden darf. Nach Rücksprache mit dem Review-Panel wurden daher die aggregierten Ergebnisse (Umweltziel-Belastungspunkte, ermittelt mit dem vom Öko-Institut entwickelten Bewertungssystem EcoGrade) aus dem Hauptteil der Studie entfernt; sie werden lediglich in einem Anhang gezeigt.

Der Entscheid des Projektteams, die Umweltziel-Belastungspunkte nicht ganz aus der Publikation zu streichen, erscheint uns akzeptabel, da es sich bei der Studie nicht um eine Umweltaussage im Vergleich zu einem Konkurrenzprodukt handelt, sondern nur verschiedene Produkte des gleichen Herstellers miteinander verglichen werden. Andererseits können jedoch die Dienstleistungen der Deutschen Post in einem gewissen Sinne als Konkurrenz zum elektronischen Versand der T-Com-Rechnung betrachtet werden.

9.10 Einschätzung von Transparenz und Konsistenz des Berichts

Bereits in der ersten vorgelegten Version überzeugte der Bericht durch gute Transparenz und klare Darstellung. Allerdings war ein Gewichtungswechsel zwischen den beiden Zielsetzungen, interne Optimierung und externe Kommunikation, festzustellen: Sachverhalte wie die Vorgänge bei der elektronischen Rechnungsbereitstellung und der postalischen Übermittlung der RpB, ebenso wie eine grosse Zahl von Fachtermini und Abkürzungen, sind den Autoren wie auch den Auftraggebern ohne weitere Erläuterung geläufig, für eine externe Verwendung sind sie jedoch erklärungsbedürftig.

In diesen Fällen wurden die entsprechenden Erläuterungen auf Vorschlag des Review-Panels in den Bericht eingefügt. Eine konsequente Erklärung der Abkürzungen sowie für Aussenstehende nachvollziehbare Literaturangaben (insbesondere auch bei informellen Quellen wie persönlichen Mitteilungen) machen die Endversion jetzt für alle Nutzer gut verständlich und transparent.

Grosser Wert wurde auf die Konsistenz der Aussagen (klarer Bezug zwischen tabellierten Resultaten und textlichen Aussagen) gelegt. Die Belastbarkeit von Aussagen wird durch ein breit angelegtes System von Sensitivitätsanalysen gestützt, auch wenn eigentliche Fehlerfortpflanzungs-Rechnungen bei der heutigen Datenlage (wie in den meisten Ökobilanzen) nicht möglich waren.

Die projektspezifischen Sachbilanzdaten sind im Bericht, im Anhang oder in elektronischen Dateien verfügbar. Die Studie weist deshalb einen vergleichsweise hohen Grad an Transparenz auf, was die Gutachter als speziell lobenswert erachten. Dadurch können Dritte einerseits die Ergebnisse nachvollziehen und andererseits die Qualität der verwendeten Daten selbst einschätzen.

Der vorgelegte Schlussbericht ist klar strukturiert, verständlich geschrieben und sorgfältig redigiert. Die Ergebnisdiskussion wie auch die Dokumentation der Modellierung in der Sachbilanz sind ausführlich und weitgehend verständlich.

9.11 Einschätzung der Korrektheit der Modellierung und der Ergebnisse

Der Arbeitsablauf "Rechnung Online" wurde in enger Zusammenarbeit mit der T-Com modelliert. Der Arbeitsablauf und die zugehörigen Sachbilanzdaten zu "Rechnung per Brief" wurden aus dem Umweltbericht 2003 der Deutschen Post abgeleitet und im Gespräch mit einem verantwortlichen Mitarbeiter der Deutschen Post präzisiert.

Um die Sachbilanz der Briefzustellung mit dem vorhandenen Datenmaterial modellieren zu können, waren einige Annahmen und Extrapolationen erforderlich, da die Rohdaten weder im Rahmen des Projektes noch der kritischen Prüfung auf Ihre Plausibilität überprüft werden konnten. Die Sachbilanzdaten der Briefverarbeitung sind wesentlich durch diese Annahmen und Extrapolationen geprägt.

Der Detaillierungsgrad und die Belastbarkeit der Sachbilanzdaten sind bei "Rechnung Online" dadurch deutlich höher als bei "Rechnung per Brief". Die Sachbilanzdaten des Produktsystems "Rechnung per Brief" sind nach Einschätzung der Gutachter mit erhöhten Unsicherheiten behaftet.

Die Modelle und Ergebnisse wurden nicht systematisch auf mathematische Korrektheit überprüft. Sie erscheinen den Experten jedoch plausibel.

Anhang 1 - Aggregierte Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse wurden mit dem vom Öko-Institut entwickelten Bewertungssystem EcoGrade aggregiert. Die Methode wurde in Bunke et al. 2002 beschrieben. Zudem befindet sich das Technical Paper EcoGrade in Anhang 7 dieser Studie.

Tab. 40: Überblick über die Gesamtumweltbelastung der untersuchten Systeme für die *Ausgangssituation 2005* und die beiden Szenarien für 2010. ReO ohne Ausdrücke

Szenario	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 2	ReO NG 3	RpB
<i>Ausgangssituation 2005</i>	µUZBP	170	370	570	1.110
<i>BaU 2010</i>	µUZBP	100	0	510	1.100
<i>Ökologisch optimiert 2010</i>	µUZBP	90	0	0	610

Tab. 41: Überblick über die relative Gesamtumweltbelastung der untersuchten Systeme für die *Ausgangssituation 2005* und die beiden Szenarien für 2010 im Vergleich zu ReO Nutzergruppe 1. ReO ohne Ausdrücke

Szenario	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 2	ReO NG 3	RpB
<i>Ausgangssituation 2005</i>	µUZBP	100 %	218 %	335 %	653 %
<i>BaU 2010</i>	µUZBP	100 %	-	510 %	1100 %
<i>Ökologisch optimiert 2010</i>	µUZBP	100 %	-	-	678 %

Tab. 42: Gesamtumweltbelastung von ReO mit und ohne Ausdrücke für die *Ausgangssituation 2005*. RpB verursacht eine Gesamtumweltbelastung in Höhe von 1.110 µUZBP.

Ausgangssituation 2005	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 2	ReO NG 3
Gesamtumweltbelastung ohne Ausdruck	µUZBP	170	370	570
mit Ausdruck 1 Blatt Frischfaserpapier	µUZBP	630	830	1.030
mit Ausdruck 2,04 Blatt Frischfaserpapier	µUZBP	1110	1310	1510
mit Ausdruck 4,08 Blatt Frischfaserpapier	µUZBP	2050	2250	2450
mit Ausdruck 1 Blatt Recyclingpapier	µUZBP	380	580	780
mit Ausdruck 2,04 Blatt Recyclingpapier	µUZBP	600	800	1000
mit Ausdruck 4,08 Blatt Recyclingpapier	µUZBP	1030	1230	1430

Tab. 43: Gesamtumweltbelastung von ReO mit und ohne Ausdrücke für das Szenario *BaU 2010*. RpB verursacht eine Gesamtumweltbelastung in Höhe von 1.100 μ UZBP.

Ausgangssituation 2005	Einheit	ReO NG 1	ReO NG 3
Gesamtumweltbelastung ohne Ausdruck	μ UZBP	100	510
mit Ausdruck 1 Blatt Frischfaserpapier	μ UZBP	560	970
mit Ausdruck 2,04 Blatt Frischfaserpapier	μ UZBP	1040	1450
mit Ausdruck 4,08 Blatt Frischfaserpapier	μ UZBP	1980	2390
mit Ausdruck 1 Blatt Recyclingpapier	μ UZBP	310	720
mit Ausdruck 2,04 Blatt Recyclingpapier	μ UZBP	530	940
mit Ausdruck 4,08 Blatt Recyclingpapier	μ UZBP	960	1370

Tab. 44: Gesamtumweltbelastung von ReO mit und ohne Ausdrücke für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010*. RpB verursacht eine Gesamtumweltbelastung in Höhe von 610 μ UZBP.

Ausgangssituation 2005	Einheit	ReO NG 1
Gesamtumweltbelastung ohne Ausdruck	μ UZBP	90
mit Ausdruck 1 Blatt Frischfaserpapier	μ UZBP	540
mit Ausdruck 2,04 Blatt Frischfaserpapier	μ UZBP	1010
mit Ausdruck 4,08 Blatt Frischfaserpapier	μ UZBP	1930
mit Ausdruck 1 Blatt Recyclingpapier	μ UZBP	290
mit Ausdruck 2,04 Blatt Recyclingpapier	μ UZBP	500
mit Ausdruck 4,08 Blatt Recyclingpapier	μ UZBP	910

Literatur

Bunke et al. 2002

Bunke, D.; Grießhammer, R.; Gensch, C.-O.; EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung. UmweltWirtschaftsForum. Springer-Verlag. 10. Jg., H. 4, Dezember 2002.

Anhang 2 – Annahmen für die Bereitstellung von Elektrizität für die Ausgangssituation 2005 sowie die Szenarien *BaU 2010* und *Ökologisch optimiert 2010*

Nachfolgend ist dargestellt, wie die unterschiedlichen Strom-Mixe für die Bereitstellung von Elektrizität modelliert wurden.

Tab. 45: Überblick über den Energieträgermix sowie den Anteil Kraftwärmekopplung bei den verschiedenen verwendeten Strom-Mixen. Quellen: Enquête-Kommission (2002), Umberto 4.3 (2004), Deutsche Telekom (2004)

	Ausgangssituation 2005		Szenario Business as Usual 2010	Szenario Ökologisch optimiert 2010
	Strom-Mix Deutschland	T-Com	Referenzszenario	RRO (REG/REN-Offensive)
Energieträger				
Steinkohle	27 %	73,2 %	23,6 %	20,0 %
Braunkohle	27,3 %		26,3 %	19,8 %
Heizöl	0,47 %		0,7 %	0,7 %
Erdgas	7,6 %		12,4 %	15,0 %
Kernenergie	32,5	20,7 %	26,3 %	28,1 %
Wasserkraft	3,86 %	6,1 %	4,2 %	4,7 %
Wind	0,34 %		3,7 %	9,8 %
Photovoltaik	-		0,0 %	0,1 %
Andere Brennstoffe	0,93 %	-	2,8 %	1,8 %
Summe	100 %	100 %	100,0 %	100,0 %
dav. in Kraft-Wärme-Kopplung	11,1 %	49,3 %	14,3 %	24,9 %

Bereitstellung des von T-Com in 2005 bezogenen Stroms.

Für die Modellierung des spezifischen von der T-Com bezogenen Strom-Mixes wurden in den Berechnungen die nachfolgend aufgeführten Anlagen verwendet. Im Szenario *Business as Usual 2010* setzt sich der Strom-Mix für die Prozesse bei der Deutschen Telekom aus einem Drittel T-Com Strom-Mix in 2005 und zwei Drittel Strom-Mix Referenzszenario zusammen.

Tab. 46: Anteile der Kraftwerkstypen für den Strom-Mix von T-Com in 2005

Bezeichnung	Anteil	Einheit
KW StK D	23,9	%
Kohle-HKW-EK-D	49,3	%
Wasser-KW-groß-D	20,7	%
Atomkraftwerke	6,6	%
Summe	100	

Elektrizitätsbereitstellung im Szenario *Business as Usual 2010*

Für das Szenario *Business as Usual 2010* wurde die Elektrizitätsbereitstellung anhand des Referenzszenarios aus Enquête-Kommission 2002 modelliert (Energieträgermix siehe Tab. 45). Das Referenzszenario beschreibt eine Entwicklung des Stromsektors, der die bisherigen Verhaltensweisen von Politik, Wirtschaft und Verbrauch zugrunde liegen. Vor allem die Energiepolitik verfolgt explizit keine auf eine nachhaltige Entwicklung (z.B. Klimaschutz) ausgerichtete Strategie

Elektrizitätsbereitstellung im Szenario *Ökologisch optimiert 2010*

Für das Szenario *Ökologisch optimiert 2010* wurde die Elektrizitätsbereitstellung anhand des Szenario RRO aus Enquête-Kommission 2002 modelliert (Energieträgermix siehe Tab. 45). Es handelt sich dabei um ein zielorientiertes Szenario, das eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80 % gegenüber 1990 vorsieht. Im Szenario RRO (REG/REN-Offensive) wird bis 2030 vollständig aus der Kernenergie und bis 2050 aus der Nutzung der fossilen Energieträger soweit ausgestiegen, dass die Klimaschutzziele erreicht werden können. Zur Kompensation werden Energieeffizienz und erneuerbare Energiequellen massiv forciert. Der Anteil der erneuerbaren Energiequellen soll nach den Vorgaben im Jahr 2050 mindestens 50 % des Primärenergieverbrauchs betragen.

Im Falle der Kraftwärmekopplung wird für beide Szenarien für 2010 pauschal angenommen, dass für eine Kilowattstunde elektrische Energie zwei Kilowattstunden thermische Energie erzeugt werden (Fritsche 2004). Die thermische Energie wird auf der Basis einer Erdgas-Heizung gutgeschrieben.

Tab. 47: Die Anteile der einzelnen Kraftwerke in den beide Szenarien für 2010 orientieren sich an den Anteilen im deutschen Strom-Mix wie sie in dieser Tabelle dargestellt sind (GEMIS 4.1.3.2).

Bezeichnung	Anteil	Einheit
Kohle-KW-DT-D	22,55	%
Kohle-KW-DT-D-Ballast	4,40	%
Kohle-KW-DT-D-Küste	0,55	%
BrK-KW-DT-D-rheinisch	18,59	%
BrK-KW-DT-D-Lausitz	1,33	%
BrK-KW-DT-D-Lausitz-saniert	4,00	%
BrK-KW-DT-D-Leipzig	2,08	%
Gas-KW-GT-D	0,95	%
Gas-KW-DT-D	4,56	%
Gas-KW-GuD-D-Ost	3,00	%
Gas-KW-GuD-D-mittel	1,00	%
Öl-schwer-KW-DT-D	1,00	%
Müll-KW-DT-D	2,75	%
U-KW-DWR-D	28,14	%
Wasser-KW-groß-D	3,50	%
Wind-KW-Park-groß-D	0,50	%
Wind-KW-Park-mittel-D	0,60	%
Holz-KW-DT-klein-D	0,50	%
Summe	100,00	%

Tab. 48: Übersicht über die verwendeten Kraftwerkstypen.

Steinkohlekraftwerke	Kohle KW DT D	Gemis 4.1.3.2	Steinkohlekraftwerk mit Dampfturbine
	Kohle KW DT D Ballast	Gemis 4.1.3.2	Steinkohlekraftwerk mit Dampfturbine und Ballastkohlenbefeuerung
	Kohle KW DT D Küste	Gemis 4.1.3.2	Standort: Küste
	KW StK D	Umberto Standard-Bibliothek, 2000	Steinkohlekraftwerke, mittlere Verhältnisse in Deutschland
	Kohle-HKW-EK-D	Umberto-Standard-Bibliothek	
Braunkohlekraftwerke	BrK_Lausitz	Gemis 4.1.3.2	Standort: Lausitz
	BrK_Lausitz_saniert	Gemis 4.1.3.2	Standort: Lausitz
	BrK_Lausitz_rheinisch	Gemis 4.1.3.2	Standort: Rheinland
	BrK_Lausitz_Leipzig	Gemis 4.1.3.2	Standort: Leipzig
Heizölkraftwerke	Öl-schwer-KW-DT-D	Gemis 4.1.3.2	
Gaskraftwerke	Gas KW GT D	Gemis 4.1.3.2	Gaskraftwerk mit Gasturbine
Gaskraftwerke	Gas KW DT D	Gemis 4.1.3.2	Gaskraftwerk mit Dampfturbine
	GuB D Ost	Gemis 4.1.3.2	Gaskraftwerk mit Gas- und Dampfturbine; Standort: Ostdeutschland
	GuB D mittel	Gemis 4.1.3.2	Gaskraftwerk mit Gas- und Dampfturbine
Atomkraftwerke		Ecolnvent 1996	Atomkraftwerke, mittlere Verhältnisse in Deutschland
Wasserkraftwerke	Wasser-KW-groß-D	Gemis 4.1.3.2	Grosse Laufwasserkraftwerk in Deutschland
Windkraftwerke	Wind KW Park groß D	Gemis 4.1.3.2	Windturbinenpark mit 10 Anlagen á 1000 kW
Windkraftwerke	Wind KW Park mittel D	Gemis 4.1.3.2	Windturbinenpark mit 10 Anlagen á 500 kW
Photovoltaik	Solar_PV_mono_Rahmen_Rack_D	Gemis 4.1.3.2	
Müllverbrennungsanlagen	Müll-KW-DT-D	Gemis 4.1.3.2	

Literatur

- | | |
|-------------------------|---|
| Deutsche Telekom 2004 | Diverse Mitteilungen per Email von Mitarbeitern der Deutschen Telekom im August 2004 |
| Enquête-Kommission 2002 | Enquête-Kommission "Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung" des Deutschen Bundestages. Abschlussbericht 2002. |
| Fritsche 2005 | Fritsche, U.; Öko-Institut e.V.; Mitteilung am 4.6.2005 |
| GEMIS 4.1.3.2 2004 | Software Gesamt-Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.1.3.2, Stand 2004. |
| Umberto 4.3 2004 | Modulbibliothek zur Ökobilanzsoftware Umberto, Version 4.3, Stand 2004. |

Anhang 3 – Spezifikation der Endgeräte in den Haushalten in 2005 und 2010

Tab. 49: Durchschnittliche Leistungsaufnahme der verschiedenen Endgeräte in Watt nach Betriebszuständen in den Jahren 2005 und 2010 (Quelle: Cremer et al. 2003).

Einheit: W	2005			2010		
	<i>Normalbetrieb</i>	<i>Bereitschaft</i>	<i>Schein-aus</i>	<i>Normalbetrieb</i>	<i>Bereitschaft</i>	<i>Schein-aus</i>
PC	60	25	4	65	25	4
Notebook	21	6	2,5	25	6	1,5
Röhrenbildschirm	73	15	2	75	15	1
Flachbildschirm	20	5	1,5	20	5	1
Tintenstrahldrucker	20	6	3	20	6	2
Laserdrucker	150	20	3	150	20	3
Telefonmodem	12	5	3	12	5	3
ISDN	5,8	-	-	5,8	-	-
DSL-Modem*	7	4	3	7	3	2

* Die Erwartung, dass DSL-Modems im Jahr 2005 unterschiedliche Betriebszustände aufweisen, erweist sich in der Praxis als zu optimistisch. DSL-Modems laufen – sofern sie am Netz sind – 24 Stunden im Normalbetrieb. Die Fehleinschätzung, die sich aus der Annahme verschiedener Betriebszustände ergibt, ist für die Fragestellung der Studie allerdings nicht ergebnisrelevant.

Tab. 50: Durchschnittliche Nutzungsdauer der verschiedenen Endgeräte in Stunden pro Jahr nach Betriebszuständen in den Jahren 2005 und 2010 (Quelle: Cremer et al. 2003).

Einheit: [h/a]	2005			2010		
<i>Endgerät</i>	<i>Normalbetrieb</i>	<i>Bereitschaft</i>	<i>Schein-aus</i>	<i>Normalbetrieb</i>	<i>Bereitschaft</i>	<i>Schein-aus</i>
PC	425	1.417	4.843	480	1.656	4.637
Notebook	425	667	5.251	480	662	5.216
Röhrenbildschirm	425	708	3.813	480	828	3.726
Flachbildschirm	425	992	3.672	480	1.159	3.560
Tintenstrahldrucker	35	698	6.457	40	698	6.452
Laserdrucker	35	698	4.799	40	698	4.796
Telefonmodem	91	1.001	5.368	-	-	-
ISDN	8.760	-	-	8.760	-	-
DSL-Modem*	243	849	5.368	210	1.098	5.216
DSL-Splitter	8.760	-	-	8.760	-	-

* Die Einschätzung, dass die durchschnittliche Nutzungsdauer eines DSL-Modems von 2005 bis 2010 abnehmen wird, beruht darauf, dass sie in 2005 DSL weitgehend durch Vielnutzer des Internet verwendet wurden, während es sich in 2010 eher um eine Standardanwendung handeln wird mit Nutzungszeiten, die eher der Durchschnittsnutzungszeit entsprechen.

Literatur

Cremer et al. 2003

Cremer et al.; Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen. Projektnummer 28/01. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Karlsruhe, Zürich 2003.

Anhang 4 – Dokumentation der Sachbilanzmodule (siehe beiliegende CD ROM)

Es wurden jeweils die spezifischen Prozesse von ergebnisrelevanter Bedeutung dokumentiert. Zu Rechnung Online sind nur die Sachbilanzmodule der jeweiligen Strom-Mixe aufgeführt. Die übrigen, mit der Generierung und Bereitstellung von Rechnung Online verbundenen Prozesse, beziehen sich einzig auf den jeweiligen Bedarf an elektrischer Endenergie. Sie sind in Kapitel 4 spezifiziert. Um den Datenanhang nicht zu überfrachten wurde davon abgesehen weitere Einzelprozesse von geringer Relevanz für das Gesamtergebnis darzustellen. Sollte aus Fachkreisen hier Interesse bestehen, Zugang zu den entsprechenden Daten zu bekommen, besteht die Möglichkeit, bei den Erstellern der Studie Einsicht in die entsprechenden Datenmodule zu erhalten.

Auf der beiliegenden CD sind folgende Module dokumentiert:

ReO_Recyclingpapier.xls
ReO_Strommix_D_2010_BaU.xls
ReO_Strommix_D_2010_öko.xls
ReO_Strommix_T-Com_2005.xls
ReO_Strommix_T-Com_2010.xls
RpB_Hauptlauf_Straße.xls
RpB_Holzschliffpapier.xls
RpB_Nachlauf.xls
RpB_Recyclingpapier.xls
RpB_Sortierung_BZE.xls

Anmerkung zu den Modulen ReO_Strommix:

Die Anzahl der Input- und Outputflüsse ist bei den Modulen mit dem Strommix T-Com (ReO_Strommix_T-Com_2005.xls und ReO_Strommix_T-Com_2010.xls) signifikant grösser als für die Strom-Mixe der beiden Szenarien 2010 (ReO_Strommix_D_2010_BaU.xls und ReO_Strommix_D_2010_öko.xls). Der Grund hierfür liegt darin, dass letztere im Rahmen des Projekts auf der Basis von GEMIS modelliert wurden, das eine klar eingegrenzte Anzahl an Input- und Outputflüssen berücksichtigt, während erstere z.B. für die Vorketten auch Daten aus anderen Quellen beinhalten, in denen mehr Input- und Outputflüsse dokumentiert sind.

Anmerkung zum Modul Holzschliffpapier:

Der Ressourceneinsatz Steinkohle und Braunkohle beruht auf der erforderlichen Bereitstellung von Elektrizität und liegt in einer ähnlichen Größenordnung wie der entsprechende Ressourcenbedarf bei der Herstellung von holzfreiem Papier (Umberto 4.3 2004).

Anmerkung zu den Modulen Hauptlauf Straße, Sortierung, Nachlauf:

Der Hauptlauf Straße sowie der Nachlauf bilden Transportprozesse ab, während die Sortierung Prozesse der Elektrizitäts- und der Wärmebereitstellung abbildet. Entsprechend

gestaltet sich das Bild der Input- und Outputflüsse (z.B. Verhältnis NO_x zu CO₂-Emission) unterschiedlich.

Literatur

Umberto 4.3 2004

Modulbibliothek zur Ökobilanzsoftware Umberto, Version 4.3, Stand 2004.

Anhang 5 – Dokumentation Ergebnisse Sachbilanz (siehe beiliegende CD ROM)

In der nachfolgenden Tabelle sind die Dateien aufgelistet, die die Ergebnisse der Sachbilanzdaten enthalten und beiliegender CD ROM zu entnehmen sind. Zur Nomenklatur der Dateibenennung siehe unten. Generell sind die Daten so gestaltet, dass die Sachbilanzdaten für den Ausdruck von ReO auf einem Blatt Papier dargestellt sind. In den Dateien mit den Ergebnissen zur Wirkungsabschätzung (vgl. Anhang 6) wird wahlweise das Ergebnis für eine unterschiedliche Anzahl ausgedruckter Blätter ausgegeben.

Tab. 51: Ergebnisdateien Sachbilanz (I)

Bezeichnung Datei
RpB_2005_Fri_LCI.xls
RpB_2005_LCI.xls
RpB_2010_bau_LCI.xls
RpB_2010_öko_LCI.xls
RpB_2010_öko_oRB_LCI.xls
ReO_N1_2005_LCI.xls
ReO_N1_2005_LCI_A_Fri.xls
ReO_N1_2005_LCI_A_Rec.xls
ReO_N1_2010_bau_A_Fri_LCI.xls
ReO_N1_2010_bau_A_Rec_LCI.xls
ReO_N1_2010_bau_LCI.xls
ReO_N1_2010_öko_A_Fri_LCI.xls
ReO_N1_2010_öko_A_Rec_LCI.xls
ReO_N1_2010_öko_LCI.xls
ReO_N2_2005_A_Fri_LCI.xls
ReO_N2_2005_A_Rec_LCI.xls
ReO_N2_2005_LCI.xls
ReO_N3_2005_A_Fri_LCI.xls
ReO_N3_2005_A_Rec_LCI.xls
ReO_N3_2005_LCI.xls
ReO_N3_2010_bau.LCI.xls
ReO_N3_2010_bau_A_Fri_LCI.xls
ReO_N3_2010_bau_A_Rec_LCI.xls

Tab. 52: Ergebnisdateien Sachbilanz (II)

Bezeichnung Datei
G_RpB_2005_LCI.xls
G_RpB_2005_Fri_LCI.xls
G_RpB_2005_LCI.xls
G_RpB_2010_bau_LCI.xls
G_RpB_2010_öko_LCI.xls
G_RpB_2010_öko_oRB_LCI.xls
G_ReO_N1_2005_LCI_A_Fri.xls
G_ReO_N1_2005_LCI_A_Rec.xls
G_ReO_N1_2010_bau_A_Fri_LCI.xls
G_ReO_N1_2010_bau_A_Rec_LCI.xls
G_ReO_N1_2010_bau_LCI.xls
G_ReO_N1_2010_öko_A_Fri_LCI.xls
G_ReO_N1_2010_öko_A_Rec_LCI.xls
G_ReO_N1_2010_öko_LCI.xls
G_ReO_N2_2005_A_Fri_LCI.xls
G_ReO_N2_2005_A_Rec_LCI.xls
G_ReO_N3_2010_bau_A_Fri_LCI.xls
G_ReO_N3_2010_bau_A_Rec_LCI.xls
G_ReO_N3_2010_bau_LCI.xls

Beispiel:

ReO_N3_2010_bau_A_Fri_LCI.xls steht für:

Szenario Business as Usual 2010, Rechnung Online Nutzergruppe 3 mit dem Ausdruck von einem Blatt Frischfaserpapier.

Abkürzungen:

2005.....	Ausgangssituation 2005
2010_bau.....	Szenario Business as Usual 2010
2010_öko.....	Szenario Ökologisch optimiert 2010
A_Fri.....	Ausdruck auf Frischfaserpapier
A_Rec.....	Ausdruck auf Recyclingpapier
Fri.....	Frischfaserpapier
G.....	Gutschrift
LCI.....	Life Cycle Inventory
N1.....	Nutzergruppe 1
N2.....	Nutzergruppe 2
N3.....	Nutzergruppe 3
oRB.....	ohne Rechnungsbeilage
RBpB.....	Rechnungsbeilage per Brief
Rec.....	Recyclingpapier
ReO.....	Rechnung Online
RpB.....	Rechnung per Brief

Anhang 6 – Dokumentation Ergebnisse Wirkungsabschätzung (siehe beiliegende CD ROM)

Tab. 53: Die Datei Rechnung_Online_Anhang_Ergebnisdaten_elektronisch.xls enthält die nachstehend aufgeführten Tabellenblätter. Die Daten beziehen sich immer auf eine funktionelle Einheit, d.h. die Nutzung der Telefonrechnung durch 1.000 Kunden für ein Jahr.

Bezeichnung Tabellenblatt	Beschreibung
RpB_2005	RpB, <i>Ausgangssituation 2005</i>
RpB_2005_Fri	RpB Rechnung auf Frischfaserpapier
RBpB_2005	Versand der <i>Rechnungsbeilage per Brief</i>
RpB_2010_bau	RpB Szenario <i>Business as Usual 2010</i>
RpB_2010_öko	RpB Szenario <i>Ökologisch optimiert 2010</i>
RpB_2010_öko_oRB	RpB Szenario <i>Ökologisch optimiert 2010</i> ohne Rechnungsbeilage
ReO_N1_2005	ReO, Nutzergruppe 1, <i>Ausgangssituation 2005</i>
ReO_N1_2005_A_Rec	ReO, Nutzergruppe 1, <i>Ausgangssituation 2005</i> , mit Ausdruck (100 % Recyclingpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N1_2005_A_Fri	ReO, Nutzergruppe 1, <i>Ausgangssituation 2005</i> , mit Ausdruck (100 % Frischfaserpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N1_2010_bau	ReO, Nutzergruppe 1, Szenario <i>Business as Usual 2010</i>
ReO_N1_2010_bau_A_Rec	ReO, Nutzergruppe 1, Szenario <i>Business as Usual 2010</i> , mit Ausdruck (100 % Recyclingpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N1_2010_bau_A_Fri	ReO, Nutzergruppe 1, Szenario <i>Business as Usual 2010</i> , mit Ausdruck (100 % Frischfaserpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N1_2010_öko	ReO, Nutzergruppe 1, Szenario <i>Ökologisch optimiert 2010</i>
ReO_N1_2010_öko_A_Rec	ReO, Nutzergruppe 1, Szenario <i>Ökologisch optimiert 2010</i> , mit Ausdruck (100 % Recyclingpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N1_2010_öko_bau_A_Fri	ReO, Nutzergruppe 1, Szenario <i>Ökologisch optimiert 2010</i> , mit Ausdruck (100 % Frischfaserpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.

Bezeichnung Tabellenblatt	Beschreibung
ReO_N2_2005	ReO, Nutzergruppe 2, <i>Ausgangssituation 2005</i>
ReO_N2_2005_A_Rec	ReO, Nutzergruppe 2, <i>Ausgangssituation 2005</i> , mit Ausdruck (100 % Recyclingpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N2_2005_A_Fri	ReO, Nutzergruppe 2, <i>Ausgangssituation 2005</i> , mit Ausdruck (100 % Frischfaserpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N3_2005	ReO, Nutzergruppe 3, <i>Ausgangssituation 2005</i>
ReO_N3_2005_A_Rec	ReO, Nutzergruppe 3, <i>Ausgangssituation 2005</i> , mit Ausdruck (100 % Recyclingpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N3_2005_A_Fri	ReO, Nutzergruppe 3, <i>Ausgangssituation 2005</i> , mit Ausdruck (100 % Frischfaserpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N3_2010_bau	ReO, Nutzergruppe 3, <i>Szenario Business as Usual 2010</i>
ReO_N3_2010_bau_A_Rec	ReO, Nutzergruppe 3, <i>Szenario Business as Usual 2010</i> , mit Ausdruck (100 % Recyclingpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.
ReO_N3_2010_bau_A_Fri	ReO, Nutzergruppe 3, <i>Szenario Business as Usual 2010</i> , mit Ausdruck (100 % Frischfaserpapier); in die grün markierte Zelle kann eine beliebige Anzahl Seiten eingetragen werden; das Ergebnis wird dann automatisch berechnet.

Anhang 7 - Technical Paper EcoGrade 2005

EcoGrade 2.0

Methodology Description

Freiburg, June 2005

Martin Möller

Dirk Bunke

Carl-Otto Gensch

Dietlinde Quack

Philipp Vogt

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 6226
D-79038 Freiburg
Tel. +49 (0) 7 61 – 45 295-0
Fax +49 (0) 7 61 – 47 54 37

Hausadresse
Binzengrün 34a
D-79114 Freiburg
Tel. +49 (0) 761 – 45 295-0
Fax +49 (0) 761 – 47 54 37

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel. +49 (0) 6151 – 81 91 - 0
Fax +49 (0) 6151 – 81 91 33

Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel. +49 (0) 30 – 28 04 86-80
Fax +49 (0) 30 – 28 04 86-88

Contact:

Martin Möller

Tel. 0049 – (0)761 – 45295-56, m.moeller@oeko.de

Table of Contents

List of Abbreviations	II
1 Scope	1
2 Methodological approach	2
3 Impact indicators	4
3.1 Cumulated Energy Demand (CED)	4
3.2 Global warming potential (GWP)	2
3.3 Acidification potential (AP)	4
3.4 Eutrophication potential (EP)	5
3.5 Photochemical ozone creation potential (POCP)	8
3.6 Ozone depletion potential (ODP)	13
3.7 Waste accumulation (WA)	16
3.8 Water use (WU)	22
3.9 Land use (LU)	23
3.10 Hazardous substance potential (HSP)	23
4 Aggregation	24
4.1 Global warming potential	26
4.2 Acidification potential	26
4.3 Eutrophication potential	28
4.4 Photochemical ozone creation potential	28
4.5 Total Environmental Burden	29
5 References	30

List of Abbreviations

a	emission to air
agr. S	emission to agricultural soil
AP	Acidification Potential
CED	Cumulated Energy Demand
CF	characterization factor
EP	Eutrophication Potential
ETP	Environmental Target Point
fw	emission to fresh water
GWP	Global Warming Potential
HSP	Hazardous Substance Potential
ind. S.	emission to industrial soil
kJ	kilo joule
LCI	Life Cycle Inventory Analysis
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LU	Land Use
NMVOC	non-methane volatile organic compound
ODP	Ozone Depletion Potential
PAH	polycyclic aromatic hydrocarbon
PET	polyetherterephthalate
POCP	Photochemical Ozone Creation Potential
r	resource
sw	emission to salt water
VOC	volatile organic compound
w	emission to water
WA	Waste Accumulation
WA-EQ	waste equivalent
wfd	waste for disposal
wfr	waste for recycling
WU	Water Use
μ	micro (10 ⁻⁶)

1 Scope

EcoGrade is the integrated ecological assessment method, which was developed by the Öko-Institut e.V.. EcoGrade aims to assess the environmental aspects of the examined product system within the phase of Life Cycle Impact Analysis (LCIA). It is based on different impact categories and category indicators and covers a wide range of impacts. These elements can be combined individually according to goal and scope definition of the study in order to form a product-group specific assessment tool.

The principles of EcoGrade have already been published (cf. Bunke et al. [2002], Bunke et al. [2000]). The use of this method within Life Cycle Analyses (LCA) and LCA-related studies has been documented in several project reports (cf. Gensch / Möller [2004], Gensch / Quack / Möller [2003], Strubel et al. [1999]).

EcoGrade also represents the ecological assessment tool within the Ecoefficiency Analysis of the Öko-Institut (cf. Rüdener / Gensch [2004]). In addition, it is part of PROSA, the product sustainability assessment method of the Öko-Institut (cf. Gensch / Griebhammer [2004]). PROSA also includes SocioGrade, a tool for the assessment of social impacts of products and services, which is currently under development. EcoGrade is a problem- and midpoint-oriented LCIA. The underlying models of the categories describe impact potentials on environmental media such as air, water and soil. These impact potentials can cause indirect damage in the fields of human health, fauna and flora.

This methodology description is continuously updated referring to the on-going further development of EcoGrade.

The scope of this technical paper is to document the methodological approach of EcoGrade, its assessment elements and underlying parameters.

2 Methodological approach

As described in DIN EN ISO 14042, the life cycle impact assessment (LCIA) is the third phase of a life cycle assessment study. The procedure of life cycle impact assessment in general contains the following elements:

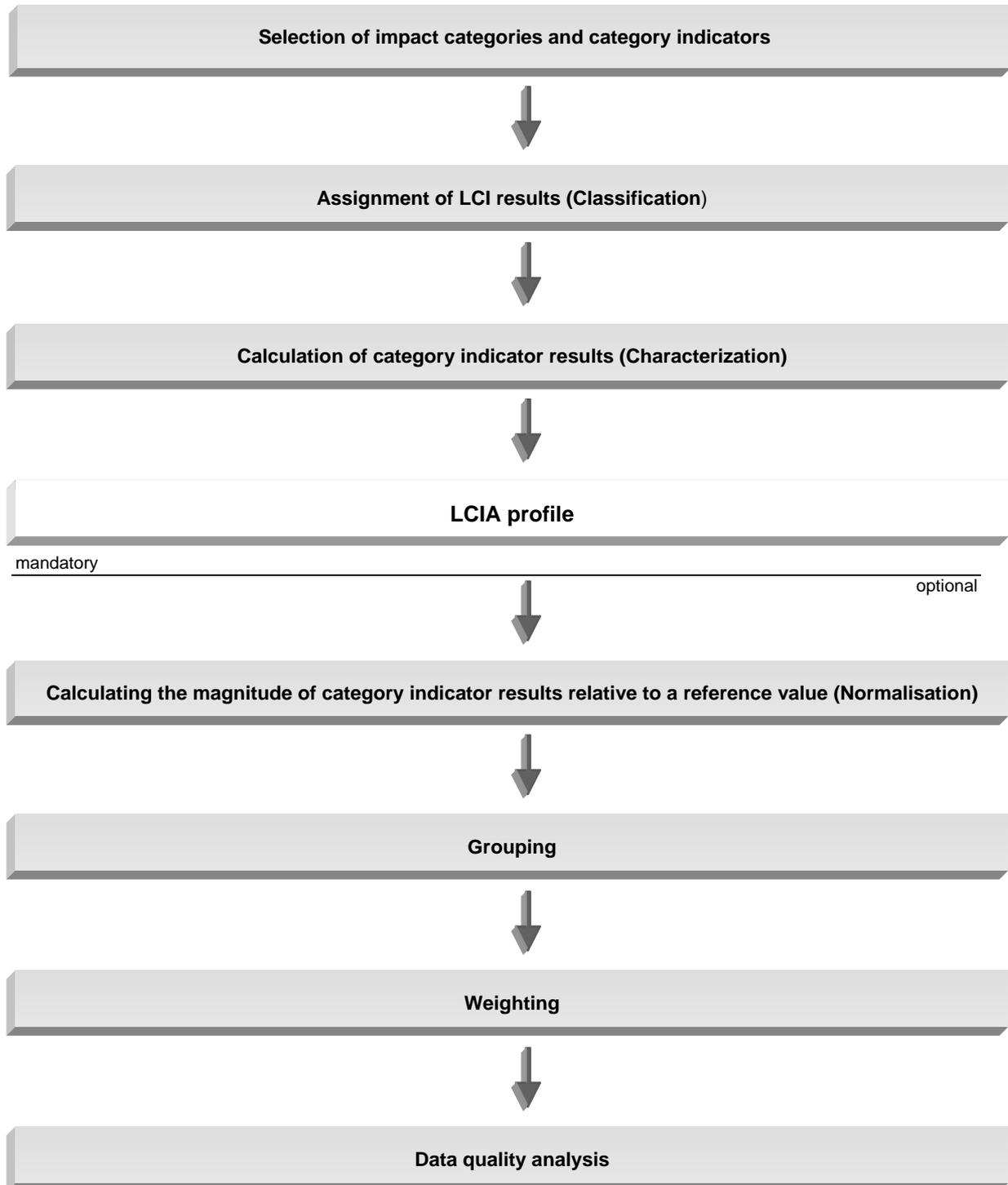


Figure 1: Elements of LCIA, according to DIN EN ISO 14042 [2000]

Within the impact assessment the elements “selection of impact categories & category indicators”, “classification” and “characterization” are mandatory and form the LCIA profile. According to DIN EN ISO 14042 the second part – i.e. the elements of normalization, grouping and weighting – is an optional element, which is predominantly used within Ecoefficiency Analyses and PROSA.

Selection of impact categories and category indicators

EcoGrade assigns the Life Cycle Inventory Analysis (LCI) results to impact categories. The selection of impact categories and category indicators is accomplished on the basic requirements expressed in DIN EN ISO 14042 [2000]. Standard indicators (A 1 to A 6) are as well available as additional indicators (A 7 to A 10). Users might want to choose from the additional indicators depending on specific goal and scope definition of the study. Altogether EcoGrade enables the assessment of the following impact indicators:

Standard indicators	Additional indicators
A_1: Cumulated Energy Demand	A_7: Waste accumulation
A_2: Global warming potential	A_8: Water consumption
A_3: Acidification potential	A_9: Land use
A_4: Eutrophication potential	A_10: Hazardous substance potential
A_5: Photochemical ozone creation potential	
A_6: Ozone depletion potential	

In chapter 3 the different impact categories are shortly illustrated and it is explained how the calculation of the category indicators is performed.

Classification and characterization (see chapter 3)

Chapter 3 also gives an overview on the single flows that comprehend the different impact categories (classification) and on the related characterization factors.

Aggregation as an optional element (see chapter 4)

In addition to the mandatory elements of an LCIA EcoGrade goes further and opens up the possibility to aggregate the results of the different impact categories.

In addition to the elements of normalization, grouping and weighting, which have a methodological fundament in the DIN EN ISO 14042 [2000], the weighted impact indicator results can be aggregated to a singular value, the total Environmental Target Points (ETP, cf. chapter^o4).

3 Impact indicators

In the following section the different impact categories are shortly illustrated together with their underlying environmental mechanisms and it is explained how the calculation of the category indicators is performed. Furthermore, the elementary flows of the LCI, which are assigned to these categories, are listed and their correspondent characterization factors (CF) are shown.

The calculation of the category indicator results are carried out by multiplying the single flows according to the LCI results with their correspondent characterization factor. The characterized single flows are then added up to the total indicator results for each impact category. For each impact category the total indicator result is calculated as follows:

$$\text{total indicator result} = \sum_i CF_i \cdot \text{elementary flow}_i$$

3.1 Cumulated Energy Demand (CED)

Scope description: Assessment of the demand of energy resources by calculation of the Cumulated Energy Demand (CED)

EcoGrade terminology: A_1 Cumulated Energy Demand

Impact indicators: CED, total; CED, non-renewable; CED, renewable; CED, others

Underlying methodology:

The **Cumulative Energy Demand (CED)**, in German known as “Kumulierter Energie-Aufwand (KEA)”, is a measure for the total demand of energy resources necessary for the supply of a product or a service. Within the CED also the amount of energy is accounted for that is still available within the product itself (e.g. in a wooden component). The CED specifies all non-renewable (i.e. fossil and nuclear energy) and renewable energy sources as primary energy values. It is calculated on the basis of the net calorific value¹¹ (in the case of combustibles) respectively – in the case of electricity from nuclear power plants – bases on the degree of thermal utilization of the nuclear power plant (no other losses are taken into consideration). It is expressed in kilojoules (kJ). Primary energy demand that cannot clearly be specified as non-renewable or renewable is subsumed in the class “CED, others”. Finally, the different CED classes are aggregated to the total CED. No characterization step is being undertaken. For more details see <http://www.oeko.de/service/kea/>.

¹¹ The use of the net calorific value is a historical convention.

CED, total [kJ]

Flow no.	Umberto terminology
Inp1001	CED, fossil total
Inp1002	CED, nuclear
Inp1003	CED, hydro
Inp1004	CED, renewable
Inp1005	CED, renewable others
Inp1006	CED, unspec.
Inp1007	CED, others

CED, renewable [kJ]

Flow no.	Umberto terminology
Inp1003	CED, hydro
Inp1004	CED, renewable
Inp1005	CED, renewable others

CED, others [kJ]

Flow no.	Umberto terminology
Inp1006	CED, unspec.
Inp1007	CED, others

CED, non-renewable [kJ]

Flow no.	Umberto terminology
Inp1001	CED, fossil total
Inp1002	CED, nuclear

Reference documents:

Fritsche [1999a]

Fritsche [1999b]

3.2 Global warming potential (GWP)

Scope description: Assessment of global warming potential based on a time horizon of 100 years

EcoGrade terminology: A_2 Global warming potential

Impact indicator unit: kg CO₂ equivalents

Underlying methodology:

The global warming potential represents the contribution of anthropogenic emissions to the radiative forcing or heat radiation absorption in the atmosphere and therefore a measure to express the so-called “greenhouse-effect” (CML [2001]). Pollutants, which contribute to the global warming phenomenon are inventoried and aggregated taking into account their Global Warming Potential (GWP). The GWP denotes the pollutant impact of the different substances in relation to carbon dioxide (CO₂). As an indicator for the emission of greenhouse gases the global warming potential is expressed in terms of CO₂ equivalents. 100 years are set as the inventory period for calculating values; potential indirect effects were not included.

Characterization factors according to CML [2004]

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg CO ₂ eq./kg]
Out2001	1,1,1-trichloroethane (a)	Coe2001	1.40E+02
Out2002	carbon dioxide, fossil (a)	Coe2002	1.00E+00
Out2002a	carbon dioxide, unspec, (a)	Coe2002	1.00E+00
Out2003	R 11 (a)	Coe2003	4.60E+03
Out2004	R 113 (a)	Coe2004	6.00E+03
Out2005	R 114 (a)	Coe2005	9.80E+03
Out2006	R 115 (a)	Coe2006	7.20E+03
Out2007	R 12 (a)	Coe2007	1.06E+04

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg CO2 eq./kg]
Out2008	R 13 (a)	Coe2008	1.40E+04
Out2009	dichloromethane (a)	Coe2009	1.00E+01
Out2010	dinitrogen monoxide (a)	Coe2010	2.96E+02
Out2011	halon 1301 (a)	Coe2011	6.90E+03
Out2012	R 123 (a)	Coe2012	1.20E+02
Out2013	R 124 (a)	Coe2013	6.20E+02
Out2014	R 141b (a)	Coe2014	7.00E+02
Out2015	R 142b (a)	Coe2015	2.40E+03
Out2016	R 22 (a)	Coe2016	1.70E+03
Out2017	R 225ca (a)	Coe2017	1.80E+02
Out2018	R 225cb (a)	Coe2018	6.20E+02
Out2019	R 125 (a)	Coe2019	3.40E+03
Out2020	R 134 (a)	Coe2020	1.10E+03
Out2021	R 134a (a)	Coe2021	1.30E+03
Out2022	R-143	Coe2022	3.30E+02
Out2023	R 143a (a)	Coe2023	4.30E+03
Out2024	R 152a (a)	Coe2024	1.20E+02
Out2025	R 227ea (a)	Coe2025	3.50E+03
Out2026	R 23 (a)	Coe2026	1.20E+04
Out2027	R 236fa (a)	Coe2027	9.40E+03
Out2028	R 245ca (a)	Coe2028	6.40E+02
Out2029	R 32 (a)	Coe2029	5.50E+02
Out2030	R 41 (a)	Coe2030	9.70E+01
Out2031	R 43-10mee (a)	Coe2031	1.50E+03
Out2032	methane (a)	Coe2032	2.30E+01
Out2032a	methane, fossil (a)	Coe2032	2.30E+01
Out2032b	methane, renewable (a)	Coe2032	2.30E+01
Out2033	perfluorobutane (a)	Coe2033	8.60E+03
Out2034	perfluorocyclobutane (a)	Coe2034	1.00E+04

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg CO ₂ eq./kg]
Out2035	perfluoroethane (a)	Coe2035	1.19E+04
Out2036	perfluorohexane (a)	Coe2036	9.00E+03
Out2037	perfluoromethane (a)	Coe2037	5.70E+03
Out2038	perfluoropentane (a)	Coe2038	8.90E+03
Out2039	perfluoropropane (a)	Coe2039	8.60E+03
Out2040	sulfur hexafluoride (a)	Coe2040	2.22E+04
Out2041	tetrachloromethane (a)	Coe2041	1.80E+03
Out2042	trichloromethane (a)	Coe2042	3.00E+01

Reference documents:

CML [2001]

CML [2004]

3.3 Acidification potential (AP)

Scope description: Assessment of acidification potential

EcoGrade terminology: A_3 Acidification potential

Impact indicator unit: kg SO₂ equivalents

Underlying methodology:

Pollutants which are acids or cause acidification processes in air, water and soil will be inventoried and aggregated taking into account their *Acidification Potential (AP)*. The problem of acid rain has gradually abated, however the long term effects on soil, vegetation and edaphone (the sum of all soil organisms) is still problematic. Concerning the correlation between acids in air, water and soil, a single measure was chosen to assess acidification (CML [2001]). AP denotes the pollutant effect of a substance as an acidifier defined as the number of H⁺-ions produced relative to sulfur dioxide (SO₂). As an indicator for pollution, the acidification potential is expressed in terms of SO₂ equivalents. Regarding the quantitative contribution the major acids or acidifiers are ammonia, nitrogen oxides and sulfur dioxide.

Characterization factors according to CML [2004]

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg SO ₂ eq./kg]
Out3001	ammonia (a)	Coe3001	1.6
Out3002	nitrogen dioxide (a)	Coe3002	0.5
Out3002a	NO _x (a)	Coe3002	0.5
Out3003	sulfur dioxide (a)	Coe3003	1.2
Out3003a	SO ₂	Coe3003	1.2

Reference documents:

CML [2001]

CML [2004]

3.4 Eutrophication potential (EP)

Scope description: Assessment of eutrophication potential

EcoGrade terminology: A_4 Eutrophication potential

Impact indicator unit: kg PO₄³⁻ equivalents

Underlying methodology:

Nutrient enrichment in water and soil can cause a shift in species composition and an increasing biomass production in aquatic and terrestrial ecosystems (CML [2001]). In aquatic ecosystems added biomass can lead to a consumption of oxygen (CML [2001]). The *Eutrophication Potential (EP)* for the relevant emissions is assessed with respect to that of phosphate in order to enable phosphate as a reference. In addition, the chemical oxygen demand is used as a measure for the entry of organic carbon. As a simplification it is assumed that all emissions of nutrients (N and P) into the air, water and soil and of organic matter to water can be aggregated into a single measure, because this method allows both terrestrial and aquatic eutrophication to be assessed (CML [2001]). Eutrophication potential is expressed in terms of PO₄³⁻ equivalents.

Characterization factors according to CML [2004]

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg PO4 eq./kg]
Out3001	ammonia (a)	Coe4001	0.35
Out4001	ammonia (w)	Coe4001	0.35
Out4001a	ammonia (fw)	Coe4001	0.35
Out4001b	ammonia (sw)	Coe4001	0.35
Out4001c	ammonia (agr. s.)	Coe4001	0.35
Out4001d	ammonia (ind. s.)	Coe4001	0.35
Out4001e	ammonia	Coe4001	0.35
Out4002	ammonium (a)	Coe4002	0.33
Out4002a	ammonium (w)	Coe4002	0.33
Out4002b	ammonium (fw)	Coe4002	0.33
Out4002c	ammonium (sw)	Coe4002	0.33
Out4002d	ammonium (agr. s.)	Coe4002	0.33
Out4002e	ammonium (ind. s.)	Coe4002	0.33
Out4002f	ammonium as N (w)	Coe4002	0.33
Out4003	nitrate (a)	Coe4003	0.1
Out4003a	nitrate (w)	Coe4003	0.1
Out4003b	nitrate (fw)	Coe4003	0.1
Out4003c	nitrate (sw)	Coe4003	0.1
Out4003d	nitrate (agr. s.)	Coe4003	0.1
Out4003e	nitrate (ind. s.)	Coe4003	0.1
Out4003f	nitrate (ground water) (w)	Coe4003	0.1
Out4003g	nitrate as N (w)	Coe4003	0.1
Out4004	nitric acid (a)	Coe4004	0.1
Out4004a	nitric acid (w)	Coe4004	0.1
Out4004b	nitric acid (fw)	Coe4004	0.1
Out4004c	nitric acid (sw)	Coe4004	0.1
Out4004d	nitric acid (agr. s.)	Coe4004	0.1
Out4005	nitrogen (a)	Coe4005	0.42

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg PO4 eq./kg]
Out4005a	nitrogen (fw)	Coe4005	0.42
Out4005b	nitrogen (sw)	Coe4005	0.42
Out4005c	nitrogen (agr. s.)	Coe4005	0.42
Out4005d	nitrogen (ind. s.)	Coe4005	0.42
Out4005e	nitrogen	Coe4005	0.42
Out4005f	nitrogen compounds as N (w)	Coe4005	0.42
Out4005g	nitrogen compounds, unspec. (w)	Coe4005	0.42
Out3002	nitrogen dioxide (a)	Coe4006	0.13
Out4006	nitrogen dioxide	Coe4006	0.13
Out4007	NO (a)	Coe4007	0.2
Out4007a	NO	Coe4007	0.2
Out3002a	NOx (a)	Coe4008	0.13
Out4009	phosphate (a)	Coe4009	1
Out4009a	phosphate (w)	Coe4009	1
Out4009b	phosphate (fw)	Coe4009	1
Out4009c	phosphate (sw)	Coe4009	1
Out4009d	phosphate (agr. s.)	Coe4009	1
Out4009e	phosphate (ind. s.)	Coe4009	1
Out4009f	Phosphate f	Coe4009	1
Out4009g	Phosphate s	Coe4009	1
Out4010	phosphoric acid (a)	Coe4010	0.97
Out4010a	phosphoric acid (fw)	Coe4010	0.97
Out4010b	phosphoric acid (sw)	Coe4010	0.97
Out4010c	phosphoric acid (agr. s.)	Coe4010	0.97
Out4010d	phosphoric acid (ind. s.)	Coe4010	0.97
Out4010e	phosphoric acid	Coe4010	0.97
Out4011	phosphorus (a)	Coe4011	3.06
Out4011a	phosphorus (w)	Coe4011	3.06
Out4011b	phosphorus (fw)	Coe4011	3.06

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg PO4 eq./kg]
Out4011c	phosphorus (sw)	Coe4011	3.06
Out4011d	phosphorus (agr. s.)	Coe4011	3.06
Out4011e	phosphorus (ind. s.)	Coe4011	3.06
Out4011f	phosphorus (P) (r)	Coe4011	3.06
Out4012	phosphate (as P2O5)	Coe4012	1.34
Out4012a	phosphates (as P2O5) (w)	Coe4012	1.34
Out4013	COD (w)	Coe4013	0.022
Out4013a	chemical oxygen demand (COD) (fw)	Coe4013	0.022
Out4013b	chemical oxygen demand (COD) (sw)	Coe4013	0.022

Reference documents:

CML [2001]

CML [2004]

3.5 Photochemical ozone creation potential (POCP)

Scope description: Assessment of photochemical ozone creation potential

EcoGrade terminology: A_4: Photochemical ozone creation potential

Impact indicator unit: kg H₂C=CH₂ (ethylene) equivalents

Underlying methodology:

Pollutants which contribute to tropospheric ozone formation are aggregated within the Photochemical Ozone Creation Potential (POCP). The formation of reactive chemical compounds such as ozone under the influence of sunlight through photochemical oxidation of Volatile Organic Compounds (VOC) and carbon monoxide under the presence of nitrogen oxides (NO_x) (CML [2001]) is often referred as photochemical smog or summer smog. Ozone causes harmful effects on the human respiratory systems and affects plants. The POCP is expressed in ethylene equivalents.

Characterization factors according to CML [2004]

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg Eth eq./kg]
Out2001	1,1,1-trichloroethane (a)	Coe5001	0.009
Out5002	1,2,3-trimethyl benzene (a)	Coe5002	1.267
Out5003	1,2,4-trimethyl benzene (a)	Coe5003	1.278
Out5004	1,3,5-trimethyl benzene (a)	Coe5004	1.381
Out5005	1,3-butadiene (a)	Coe5005	0.851
Out5006	butanol (a)	Coe5006	0.62
Out5007	1-butene (a)	Coe5007	1.079
Out5008	1-butoxy propanol (a)	Coe5008	0.463
Out5009	n-butyl acetate (a)	Coe5009	0.269
Out5010	1-hexene (a)	Coe5010	0.874
Out5011	1-methoxy 2-propanol (a)	Coe5011	0.355
Out5012	1-pentene (a)	Coe5012	0.977
Out5013	1-propanol	Coe5013	0.561
Out5014	1-propyl benzene (a)	Coe5014	0.636
Out5015	1-propylacetate	Coe5015	0.282
Out5016	undecane (a)	Coe5016	0.384
Out5017	2,2-dimethyl butane (a)	Coe5017	0.241
Out5018	2,3-dimethyl butane (a)	Coe5018	0.541
Out5019	2-butanone	Coe5019	0.373
Out5020	2-butoxy ethanol (a)	Coe5020	0.483
Out5021	2-ethoxy ethanol (a)	Coe5021	0.386
Out5022	2-methoxy ethanol (a)	Coe5022	0.307
Out5023	2-methyl-1-butene (a)	Coe5023	0.771
Out5024	2-methyl-2-butene (a)	Coe5024	0.842
Out5025	2-methyl-1-butanol (a)	Coe5025	0.489
Out5026	2-methyl-2-butanol (a)	Coe5026	0.228
Out5027	2-methyl hexane (a)	Coe5027	0.411
Out5028	2-methylpentane	Coe5028	0.42

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg Eth eq./kg]
Out5029	3,5-diethyl toluene (a)	Coe5029	1.295
Out5030	3,5-dimethyl ethyl benzene (a)	Coe5030	1.32
Out5031	3-methyl-1-butene (a)	Coe5031	0.671
Out5032	3-methyl-1-butanol (a)	Coe5032	0.433
Out5033	3-methyl-2-butanol (a)	Coe5033	0.406
Out5034	3-methyl hexane (a)	Coe5034	0.364
Out5035	3-methyl pentane (a)	Coe5035	0.479
Out5036	3-pentanol (a)	Coe5036	0.595
Out5037	acetaldehyde (a)	Coe5037	0.641
Out5038	acetic acid (a)	Coe5038	0.097
Out5039	acetone (a)	Coe5039	0.094
Out5040	acetylene	Coe5040	0.085
Out5041	benzaldehyde (a)	Coe5041	-0.092
Out5042	benzene (a)	Coe5042	0.218
Out5043	butane (a)	Coe5043	0.352
Out5044	butyraldehyde	Coe5044	0.795
Out5045	carbon monoxide (a)	Coe5045	0.027
Out5046	cis-2-butene (a)	Coe5046	1.146
Out5047	cis-2-hexene (a)	Coe5047	1.069
Out5048	cis-2-pentene (a)	Coe5048	1.121
Out5049	cis 1,2-dichloroethene (a)	Coe5049	0.447
Out5050	cyclohexane (a)	Coe5050	0.29
Out5051	cyclohexanol (a)	Coe5051	0.518
Out5052	cyclohexanone (a)	Coe5052	0.299
Out5053	decane (a)	Coe5053	0.384
Out5054	diacetone alcohol (a)	Coe5054	0.307
Out2009	dichloromethane (a)	Coe5055	0.068
Out5056	diethyl ether (a)	Coe5056	0.445
Out5057	diethylketone	Coe5057	0.414

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg Eth eq./kg]
Out5058	diisopropyl ether (a)	Coe5058	0.398
Out5059	dimethoxy methane (a)	Coe5059	0.164
Out5060	dimethyl carbonate (a)	Coe5060	0.025
Out5061	dimethyl ether (a)	Coe5061	0.189
Out5062	dodecane (a)	Coe5062	0.357
Out5063	ethane (a)	Coe5063	0.123
Out5064	ethanol	Coe5064	0.399
Out5065	ethyl acetate (a)	Coe5065	0.209
Out5066	ethyl tert-butyl ether (a)	Coe5066	0.244
Out5067	ethylbenzene (ind. s.)	Coe5067	0.73
Out5068	ethylene (ind. s.)	Coe5068	1
Out5068a	ethylene (agr. s.)	Coe5068	1
Out5069	ethylene glycol (a)	Coe5069	0.373
Out5070	formaldehyde	Coe5070	0.519
Out5071	formic acid (a)	Coe5071	0.032
Out5072	heptane (a)	Coe5072	0.494
Out5073	2-hexanone (a)	Coe5073	0.572
Out5074	3-hexanone (a)	Coe5074	0.599
Out5075	hexane (a)	Coe5075	0.482
Out5076	isobutane (a)	Coe5076	0.307
Out5077	isobutanol (a)	Coe5077	0.36
Out5078	isobutene	Coe5078	0.627
Out5079	isobutyraldehyde (a)	Coe5079	0.514
Out5080	isopentane (a)	Coe5080	0.405
Out5081	isoprene (a)	Coe5081	1.092
Out5082	isopropanol (a)	Coe5082	0.188
Out5083	isopropyl acetate (a)	Coe5083	0.211
Out5084	isopropyl benzene (a)	Coe5084	0.5
Out5085	Meta-ethyltoluene	Coe5085	1.019

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg Eth eq./kg]
Out5086	xylene (a)	Coe5086	1.108
Out2032	methane (a)	Coe5087	0.006
Out5088	methanol (a)	Coe5088	0.14
Out5089	methyl acetate (a)	Coe5089	0.059
Out5090	methyl chloride (a)	Coe5090	0.005
Out5091	methyl formate (a)	Coe5091	0.027
Out5092	methyl isobutyl ketone (a)	Coe5092	0.49
Out5093	Methyl propyl ketone	Coe5093	0.548
Out5094	methyl tert-butyl ether (a)	Coe5094	0.175
Out5095	methyl tert-butyl ketone (a)	Coe5095	0.323
Out5096	Methyl-isopropylketone	Coe5096	0.364
Out5097	neopentane (a)	Coe5097	0.173
Out4006	nitrogen dioxide	Coe5098	0.028
Out4007	NO (a)	Coe5099	-0.427
Out5100	nonane (a)	Coe5100	0.414
Out5101	octane (a)	Coe5101	0.453
Out5102	Ortho-ethyltoluene	Coe5102	0.898
Out5103	ortho-xylene	Coe5103	1.053
Out5104	para-ethyltoluene	Coe5104	0.906
Out5105	para- xylene	Coe5105	1.01
Out5106	pentanal (a)	Coe5106	0.765
Out5107	pentane (a)	Coe5107	0.395
Out5108	propane (a)	Coe5108	0.176
Out5109	propanoic acid (a)	Coe5109	0.15
Out5110	propionaldehyde	Coe5110	0.798
Out5112	Propylene glycol	Coe5112	0.457
Out5113	sec-butanol (a)	Coe5113	0.4
Out5114	sec-butyl acetate (a)	Coe5114	0.275
Out5115	styrene (a)	Coe5115	0.142

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg Eth eq./kg]
Out3003	sulfur dioxide (a)	Coe5116	0.048
Out5117	tert-butanol (a)	Coe5117	0.106
Out5118	tert-butyl acetate (a)	Coe5118	0.053
Out5119	tetrachloroethylene (PER) (agr. s.)	Coe5119	0.029
Out5120	toluene (a)	Coe5120	0.637
Out5121	trans-2-butene (a)	Coe5121	1.132
Out5122	trans-2-hexene (a)	Coe5122	1.073
Out5123	trans-2-pentene (a)	Coe5123	1.117
Out5124	trans 1,2-dichloroethene (a)	Coe5124	0.392
Out5125	trichloroethene (a)	Coe5125	0.325
Out2042	trichloromethane (a)	Coe5126	0.023
Out5128	NM VOC, unspec. (a)	Coe5128	1

Reference documents:

CML [2001]

CML [2004]

3.6 Ozone depletion potential (ODP)

Scope description: Assessment of the ozone depletion potential

EcoGrade terminology: A_6: Ozone depletion potential

Impact indicator unit: kg CFC-11 equivalents

Underlying methodology:

Substances which are responsible for the thinning of the stratospheric ozone layer are added to this category. The halogens of these matters are able to reduce the quantity of ozone-molecules in the stratosphere by a cyclic, catalytic decomposition with the effect that more of the ultraviolet radiation hits the earth's surface. More UV radiation leads to increasing rates

of skin cancer and damages to plants. The relative ozone depletion potential of a substance is expressed in relation to that of trichlorofuoromethane (also known as R-11 or CFC-11).

Characterization factors according to CML [2004]

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg CFC-11 eq./kg]
Out2001	1,1,1-trichloroethane (a)	Coe6001	0.110
Out2003	R 11 (a)	Coe6002	1.000
Out2004	R 113 (a)	Coe6003	0.900
Out2005	R 114 (a)	Coe6004	0.850
Out2006	R 115 (a)	Coe6005	0.400
Out2007	R 12 (a)	Coe6006	0.820
Out6007	halon 2401 (a)	Coe6007	0.250
Out6008	halon 1201 (a)	Coe6008	1.400
Out6009	halon 1202 (a)	Coe6009	1.250
Out6010	halon 1211 (a)	Coe6010	5.100
Out2011	halon 1301 (a)	Coe6011	12.000
Out6012	halon 2311 (a)	Coe6012	0.140
Out6008	halon 2401 (a)	Coe6013	0.250
Out6014	halon 2402 (a)	Coe6014	7.000
Out2012	R 123 (a)	Coe6015	0.012
Out2013	R 124 (a)	Coe6016	0.026
Out2014	R 141b (a)	Coe6017	0.086
Out2015	R 142b (a)	Coe6018	0.043
Out2016	R 22 (a)	Coe6019	0.034
Out2017	R 225ca (a)	Coe6020	0.017
Out2018	R 225cb (a)	Coe6021	0.017
Out5090	methyl chloride (a)	Coe6022	0.020
Out6023	methyl bromide (a)	Coe6023	0.370
Out2041	tetrachloromethane (a)	Coe6024	1.200

Reference documents:

CML [2001]

CML [2004]

3.7 Waste accumulation (WA)

Scope description: Assessment of the waste accumulation

EcoGrade terminology: A_7: Waste accumulation

Impact indicator unit: kg hazardous waste equivalents

Underlying methodology:

Within the approach for this category, waste is assessed in terms of its demand regarding landfill volume and its ecological hazard. Thus, the classification takes into account the different land filling methods currently in practice. In order to estimate the risks associated with the various waste categories, the correspondent treatment costs were chosen. According to the applied theory, these costs reflect the efforts for ensuring environmental protection. The waste accumulation equivalents for the different waste categories refer to that of hazardous waste. More details can be found in Strubel et al. [1999].

Characterization [kg HW eq./kg]

Coe7001	WA-EQ hazardous waste	1
Coe7002	WA-EQ industrial waste	0.333
Coe7003	WA-EQ slags and ash	0.167
Coe7004	WA-EQ mineral waste	0.078

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg HW eq./kg]
Out7001	acidic sludge (steel prod.) (wfd)	Coe7001	1
Out7002	Al-Mg (wfr)	Coe7002	0.333
Out7003	aluminium (wfr)	Coe7002	0.333
Out7004	aluminium dross (wfr)	Coe7002	0.333
Out7005	aluminium oxide (wfr)	Coe7002	0.333
Out7006	aluminium scrap (wfr)	Coe7002	0.333
Out7007	aluminium scrap, reprocessed (wfr)	Coe7002	0.333
Out7008	aluminous waste (wfr)	Coe7002	0.333

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg HW eq./kg]
Out7009	anode sludge (wfr)	Coe7001	1
Out7010	arsenic precip. product (wfd)	Coe7001	1
Out7011	ashes (fluidized-bed incinerator) (wfr)	Coe7003	0.167
Out7012	ashes and slags (wfr)	Coe7003	0.167
Out7013	ball mill dust (wfd)	Coe7002	0.333
Out7014	bark (wfr)	Coe7002	0.333
Out7015	bauxite residue (wfd)	Coe7004	0.078
Out7016	carbon (wfr)	Coe7002	0.333
Out7017	carbon for fuel (wfr)	Coe7002	0.333
Out7018	carbon waste (wfd)	Coe7002	0.333
Out7019	clearing residue (steel production) (wfr)	Coe7001	1
Out7020	coal-tar pitch (wfd)	Coe7003	0.167
Out7021	coarse ashes (wfr)	Coe7003	0.167
Out7022	coarse rejects (wfd)	Coe7003	0.167
Out7023	coke (wfr)	Coe7002	0.333
Out7024	commercial fertilizer (wfr)	Coe7002	0.333
Out7025	composite (aluminous) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7026	composite (mainly aluminium) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7027	composite (tinplate) (AzV)	Coe7002	0.333
Out7028	composite foil (wfd)	Coe7002	0.333
Out7029	composites (paper, cardboards) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7030	compost (60% DM, rot. gr 4-5) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7031	copper (wfr)	Coe7002	0.333
Out7032	crushed bath sold (wfr)	Coe7002	0.333
Out7033	deinking sludge (wfd)	Coe7001	1
Out7034	dross fines (wfd)	Coe7003	0.167
Out7035	dusts (steel prod.) (wfr)	Coe7001	1
Out7036	ferric oxide (wfr)	Coe7002	0.333
Out7037	ferrous waste (wfd)	Coe7002	0.333

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg HW eq./kg]
Out7038	film < Din A4 (wfr)	Coe7002	0.333
Out7039	film > Din A4 (wfr)	Coe7002	0.333
Out7040	filter dust (wfd)	Coe7001	1
Out7041	filter dust (wfr)	Coe7001	1
Out7042	flue gas cleaning residue (wfd)	Coe7001	1
Out7043	flue-dust, copper containing (wfr)	Coe7001	1
Out7044	gypsum (flue gas clean.) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7045	hazardous waste (wfd)	Coe7001	1
Out7046	industrial waste (wfd)	Coe7002	0.333
Out7047	inert materials (wfd)	Coe7002	0.333
Out7048	inert materials, unspec. (wfr)	Coe7002	0.333
Out7049	iron (wfr)	Coe7002	0.333
Out7050	iron (II) sulphate (wfr)	Coe7002	0.333
Out7051	liquiqid packaging board (wfr)	Coe7002	0.333
Out7052	LP, average (wfr)	Coe7002	0.333
Out7053	melting chamber granulate (wfr)	Coe7003	0.167
Out7054	melting granules (wfr)	Coe7003	0.167
Out7055	metals (wfd)	Coe7002	0.333
Out7056	metals, unspec. (wfr)	Coe7002	0.333
Out7057	mill scale (wfr)	Coe7002	0.333
Out7058	mill scale sludge (wfr)	Coe7001	1
Out7059	mineral waste (wfd)	Coe7004	0.078
Out7060	mixed plastics (wfr)	Coe7002	0.333
Out7061	mixed valuable materials (wfr)	Coe7002	0.333
Out7062	Na as Na ₂ O (wfd)	Coe7002	0.333
Out7063	neutralisation sludge (wfr)	Coe7001	1
Out7064	non-ferrous metals (wfr)	Coe7002	0.333
Out7065	organic waste (wfr)	Coe7001	1
Out7066	packaging waste (wfr)	Coe7002	0.333

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg HW eq./kg]
Out7067	paint remainders (wfd)	Coe7001	1
Out7068	paper, cardboard (wfd)	Coe7002	0.333
Out7069	PE/PP (wfd)	Coe7002	0.333
Out7070	PE/PP (wfr)	Coe7002	0.333
Out7071	PET (wfr)	Coe7002	0.333
Out7072	plastic beaker (wfr)	Coe7002	0.333
Out7073	plastic bottles (wfr)	Coe7002	0.333
Out7074	plastics, unspec. (wfd)	Coe7002	0.333
Out7075	plastics, unspec. (wfr)	Coe7002	0.333
Out7076	polystyrene (wfd)	Coe7002	0.333
Out7077	polystyrene (wfr)	Coe7002	0.333
Out7078	polyvinyl chloride (wfd)	Coe7001	1
Out7079	protein (wfr)	Coe7002	0.333
Out7080	pulper residues (wfr)	Coe7001	1
Out7081	radioactive waste (high-radioactive) (wfd)	Coe7001	1
Out7082	radioactive waste (low/med.-radioactive) (wfd)	Coe7001	1
Out7083	refractories (wfd)	Coe7001	1
Out7084	refrigerants (wfd)	Coe7001	1
Out7085	refuse glass, unspec. (wfr)	Coe7002	0.333
Out7086	reject (wfr)	Coe7001	1
Out7087	rejects (wfd)	Coe7001	1
Out7088	residues, copper containing (wfr)	Coe7001	1
Out7089	rest from sorting of recoverable mat. (wfd)	Coe7002	0.333
Out7090	rubber (wfd)	Coe7002	0.333
Out7091	rumble (steel prod.) (wfd)	Coe7003	0.167
Out7092	sand (wfd)	Coe7004	0.078
Out7093	scrap (iron) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7094	scrap (non ferrous metals) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7095	scrap, unspec. (wfr)	Coe7002	0.333

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg HW eq./kg]
Out7096	sewage sludge (wfd)	Coe7001	1
Out7097	sewage sludge (wfr)	Coe7001	1
Out7098	sewage sludge (20% DM) (wfr)	Coe7001	1
Out7099	sewage sludge (30% DM) (wfd)	Coe7001	1
Out7100	sieve residues (wfr)	Coe7001	1
Out7101	skimmings and dross (wfr)	Coe7001	1
Out7102	slags and ash (wfd)	Coe7003	0.167
Out7103	sloppings (steel production) (wfr)	Coe7002	0.333
Out7104	sludge (blast furnace) (wfr)	Coe7001	1
Out7105	sludge (steel prod.) (wfd)	Coe7002	0.333
Out7106	sludges (wfd)	Coe7002	0.333
Out7107	sodium oxalate (wfd)	Coe7002	0.333
Out7108	sodium sulphate (wfr)	Coe7002	0.333
Out7109	solvent residue (wfd)	Coe7001	1
Out7110	solvents (wfr)	Coe7001	1
Out7111	soot (wfd)	Coe7001	1
Out7112	SPL carbon (wfd)	Coe7003	0.167
Out7113	SPL carbon (wfr)	Coe7003	0.167
Out7114	SPL refr. bricks (wfr)	Coe7003	0.167
Out7115	SPL refractory (wfd)	Coe7003	0.167
Out7116	steel scrap (wfr)	Coe7002	0.333
Out7117	stones (wfd)	Coe7002	0.333
Out7118	swarf/turnings (wfr)	Coe7002	0.333
Out7119	tailings (wfd)	Coe7004	0.078
Out7120	tar waste (wfd)	Coe7003	0.167
Out7121	tin ashes (wfr)	Coe7003	0.167
Out7122	tin hydroxide sludge (wfr)	Coe7001	1
Out7123	tinplate (wfr)	Coe7002	0.333
Out7124	top gas dust (wfr)	Coe7001	1

Flow no.	Umberto terminology	CF no.	CF value [kg HW eq./kg]
Out7125	top gas sludge (wfr)	Coe7001	1
Out7126	waste (FGP) (wfd)	Coe7001	1
Out7127	waste (landfill for inert matter) (wfd)	Coe7002	0.333
Out7128	waste (landfill for reactor waste) (wfd)	Coe7001	1
Out7129	waste (residue landfill) (wfd)	Coe7002	0.333
Out7130	waste (soda production) (wfd)	Coe7002	0.333
Out7131	waste (underground repository) (wfd)	Coe7001	1
Out7132	waste cardboard (wfr)	Coe7002	0.333
Out7133	waste filter material (wfd)	Coe7001	1
Out7134	waste for incineration (wfd)	Coe7002	0.333
Out7135	waste for underground landfill (wfd)	Coe7001	1
Out7136	waste from fluegas desulfurisation (wfd)	Coe7001	1
Out7137	waste from slag treatment (wfd)	Coe7001	1
Out7138	waste from steel production (wfr)	Coe7001	1
Out7139	waste glass (foreign cullets) (wfr)	Coe7001	1
Out7140	waste oil (wfd)	Coe7001	1
Out7141	waste oil (wfr)	Coe7001	1
Out7142	waste palm oil (wfr)	Coe7002	0.333
Out7143	waste sediment (wfd)	Coe7004	0.078
Out7144	waste, bauxite (wfd)	Coe7004	0.078
Out7145	waste, carbon (wfd)	Coe7001	1
Out7146	waste, inert (chemical industry) (wfd)	Coe7002	0.333
Out7147	waste, unspec. (wfr)	Coe7002	0.333
Out7148	waste, unspecified (wfd)	Coe7002	0.333
Out7149	wastepaper (wfr)	Coe7002	0.333
Out7150	wastepaper, corrugated board (wfr)	Coe7002	0.333
Out7151	wastepaper, mixed (wfr)	Coe7002	0.333
Out7152	wastepaper, sorted (wfr)	Coe7002	0.333
Out7153	wood (wfd)	Coe7002	0.333

Reference documents:

Strubel et al. [1999]

3.8 Water use (WU)

Scope description: Assessment of water use

EcoGrade terminology: A_9: Water use

Impact indicators: Ground water, surface water, industrial water

Impact indicator unit: liter

Underlying methodology:

Concerning water use no characterization is performed. However, the different water inputs are classified into ground water, surface water and industrial water according to their ecological value.

Ground water [I]

Flow no.	Umberto terminology
Out8006	ground water

Surface water [I]

Flow no.	Umberto terminology
Out8007	ground water

Surface water [I]

Flow no.	Umberto terminology
Out8001	cooling water
Out8002	water (boiler-feed)
Out8003	water (process)
Out8004	water, decalcified
Out8005	water, unspec.

3.9 Land use (LU)

This impact indicator is currently under development.

3.10 Hazardous substance potential (HSP)

This impact indicator is currently under further development.

4 Aggregation

After having assigned the LCI results to the impact categories, normalization, grouping and weighting can be carried out as optional elements. According to DIN EN ISO 14042, information from outside the LCIA framework can be used in order to assess the ecological relevance of the different impact categories. Within EcoGrade, the ecological relevance is investigated by relating the impact indicator results to their correspondent environmental targets. The applied environmental targets refer to target values, which were defined within international environmental policy making. These target values indicate the emission level, to which a certain environmental impact has to be reduced. Due to the application of internationally negotiated and binding targets, this approach considers the overall relevance of the different impact indicators and thus incorporates the elements of normalization, grouping and weighting within a single step.

From the list of the ten EcoGrade impact indicators (cf. chapter 2), the following impact categories are chosen for this step:

A_2: Global warming potential
A_3: Acidification potential
A_4: Eutrophication potential
A_5: Photochemical ozone creation potential

The other impact indicators are not taken into account either because the impacts play a more decisive role in social impacts (e.g. resource depletion) or the targets are not quantifiable / operationalizable in terms of LCI data (e.g. ozone depletion potential).

The weighted results of the chosen impact categories are calculated according to the following scheme:

$$W_{w,i} = \frac{W_i}{h_{y,i}}$$

with $W_{w,i}$: weighted result of impact category i

W_i : result of impact category i

$h_{y,i}$ correspondent environmental target for impact category i

Assuming equal importance of all environmental impact categories before the weighting step is carried out, each target value is inventoried with 1 million Environmental Target Points (ETP). Thus, the weighted results of the chosen impact categories are expressed as Environmental Target Points (ETP):

$$W_{ETP} = \frac{W_{w,i}}{10^6 \text{ ETP}}$$

When applying this algorithm, for each of the chosen impact categories the indicator unit (e.g. 1 kg CO₂ equivalents) can be expressed as a certain number of ETP (cf. chapters 4.1-4.4).

4.1 Global warming potential

Reference values for normalization, grouping and weighting:

	Characterization Factor	Baseline Emissions 1990 [kgCO ₂ -eq.]	Target Emissions 2010 h _y [kgCO ₂ -eq.]
CO ₂	1	1,02E+12	8.02E+11
CH ₄	23	1.53E+11	1.21E+11
N ₂ O	296	7.78E+10	6.15E+10
H-CFC	5,47E+03	1.64E+09	1.30E+09
CF ₄	1,80E+03	6.39E+08	5.05E+08
C ₂ F ₆	1,19E+04	5.00E+08	3.95E+08
SF ₆	2,22E+04	3.62E+09	2.86E+09
total		1.25E+12	9.90E+11
ETP	9.90E+11 CO₂ eq. = 1.00E+06 ETP → 1 CO₂ eq. = 1.01E+00 μETP		

The target emission in 2010 is calculated by subtracting 21% from the baseline emissions in 1990, as determined for Germany in the scope of burden sharing according to Art. 3.1 of the Kyoto Protocol (UNFCCC [1997]). The baseline emission figures are referenced in UBA [2004]. 2010 is the average value for the envisaged target horizon (2008-2012) of the Kyoto Protocol.

4.2 Acidification potential

Reference values for normalization, grouping and weighting:

	Characterization Factor	Baseline Emissions 1990 [kg SO ₂ -eq.]	Target Emissions 2010 h _y [kg SO ₂ -eq.]
SO ₂	1.2	6.39E+09	6.60E+08
NO _x	0.6	1.64E+09	6.49E+08
NH ₃	1.5	1.10E+09	8.30E+08
total		9.13E+09	2.13E+09
ETP	2.13E+09 SO₂ eq. = 1.00E+06 ETP → 1 SO₂ eq. = 4.69E+02 μETP		

The target emissions in 2010 are derived from UNECE [1999] and result from multiplying the emissions with the correspondent characterization factors. The baseline emission figures are referenced in UBA [2003].

4.3 Eutrophication potential

Reference values for normalization, grouping and weighting:

	Characterization Factor	Baseline Emissions 1990 [kg PO ₄ -eq.]	Target Emissions 2010 h _y [kg PO ₄ -eq.]
NO_x	0.13	3.55E+08	1.41E+08
NH₃	0.35	2.58E+08	1.93E+08
others (+50%)		3.06E+08	1.67E+08
total		9.186E+08	5.00E+08
ETP	5.00E+08 PO₄ eq. = 1.00E+06 ETP → 1 PO₄ eq. = 2.00E+03 μETP		

The target emissions in 2010 are derived from UNECE [1999] and result from multiplying the emissions with the correspondent characterization factors. The baseline emission figures are referenced in UBA [2003]. The “others” are phosphorus and other nitric compounds, which were emitted in the 1990ies in the magnitude of roughly 50% of the total amount of NO_x and NH₃ (UBA [1998]). In 2010, the same rate is assumed.

4.4 Photochemical ozone creation potential

Reference values for normalization, grouping and weighting:

	Characterization Factor	Baseline Emissions 1990 [kg Eth-eq.]	Target Emissions 2010 h _y [Eth-eq.]
NMVOC	0.499	1.61E+09	4.97E+08
methane	0.006	2.89E+07	2.28E+07
NO_x	0.028	7.64E+07	3.03E+07
CO	0.027	3.03E+05	3.03E+05
total		1.71E+09	5.50E+08
ETP	5.50E+08 Eth-eq. = 1.00E+06 ETP → 1 Eth-eq. = 1.82E+03 μETP		

The target emissions in 2010 are derived from UNECE [1999] and result from multiplying the emissions with the characterization factors. The baseline emission figures are referenced in UBA [2003].

4.5 Total Environmental Burden

Furthermore, EcoGrade enables a final aggregation step. Within this step, the ETP numbers of the different impact categories are subsumed to the total environmental burden W_t :

$$W_t = \sum_i W_{w,i}$$

This aggregation step is not in line with DIN EN ISO 14042. However, the total environmental burden provides valuable extra information and is an essential part within Ecoefficiency Analyses.

5 References

- Bunke et al. 2003 Bunke, D. Gensch, C.-O. Möller, M. Rüdener, I. Ebinger, F. Graulich, K.: Assessment of Toxicological Risks due to Hazardous Substances: Ranking of Risk Phrases. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 8 (1), p. 6-7, 2003
- Bunke et al. 2002 Bunke, D. Griebshammer, R. Gensch, C.-O.: EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung. Entscheidungshilfe für Unternehmen. *UmweltWirtschaftsForum* 10 (4), 2002
- Bunke et al. 2000 Bunke, D. Griebshammer, R. Gensch, C.-O. Quack, D. Ebinger, F. Strubel, V. Hochfeldt, C.: Die integrierte ökologische Bewertung: EcoGrade, Version 1/2000. Methodik der Wirkungsabschätzung, Auswertung und Bewertung unter Einbezug von Umweltzielen. Öko-Institut, Freiburg 2000
- Bunke und Graulich 2003 Bunke, D. Graulich, K.: Ein Indikator für den Einsatz gefährlicher Stoffe in Produkten und Prozessen: Monoethylenglykol-Äquivalente. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung (UWSF)*, 15 (2), p. 106 – 114, 2003
- Bunke et al. 2002 Bunke, D. Graulich, K.: MEG Equivalents as an Indicator of Hazardous Substance Use in Products and Processes. *Gate to Environmental Health Sciences: Life Cycle Management*, May 2002, p. 1 –9
- CML 2004 Van Oers, L.: CML-IA - database containing characterization factors for life cycle impact assessment, Centre of Environmental Science (CML) Leiden, 2004 (<http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/index.html>)
- CML 2001 Guinée, J. B. et al.: An operational guide to the ISO-standards, Final report – Part 3, Centre of Environmental Science (CML) Leiden
- DIN EN ISO 14042:2000 International Organization for Standardization: Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle impact assessment, Geneva 2000
- Fritsche, U. R. et al. 1999a Fritsche, U. R. Jenseit, W. Hochfeld, C: Methodikfragen bei der Berechnung des Kumulierten Energieaufwands (KEA). Arbeitspapier im Rahmen des UBA-F&E-Vorhabens Nr. 104 01 123, Darmstadt 1999
- Fritsche U. R. et al. 1999b Fritsche, U. R.: KEA: mehr als eine Zahl - Basisdaten und Methoden zum Kumulierten Energieaufwand (KEA). Broschüre im Rahmen des UBA-F&E-Vorhabens Erarbeitung von Basisdaten zum Energieaufwand und der Umweltbelastung von energieintensiven Produkten und Dienstleistungen für Ökobilanzen und Öko-Audits, Berlin 1999
- Gensch / Griebshammer 2004 Gensch, C.-O.; Griebshammer, R.; PROSA – Car fleet [PROSA – PKW-Flotte] in cooperation with Konrad Götz and Barbara Birzle-Harder, Institute for Social-Ecological Research - ISER, Frankfurt a.M.; Freiburg 2004

- Gensch / Möller 2004 Gensch, C.-O.; Möller, M.; in Kooperation mit der Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Polymere Werkstoffe, Bayreuth; Lehmann&Voss & Co., Hamburg; Lüberg Elektronik GmbH & Co. Rothfischer KG, Weiden; KEW Konzeptentwicklung GmbH, Kronach; Reifenhäuser GmbH & Co. Maschinenfabrik, Troisdorf; Würth Elektronik GmbH, Rot am See; Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Microintegration - FhG - IZM, Berlin; Alusuisse-Airex AG, Sins/Schweiz; Circuit Foil Luxembourg S.à.r.l., Wiltz/Luxemburg, Result Technology AG, Mammern/Schweiz: Halogenfreie, flammgeschützte Materialien für die Elektronik der Zukunft: Entwicklung von thermoplastischen Leiterplatten; Freiburg 2004
- Gensch / Quack / Möller 2003 Gensch, C.-O.; Quack, D.; Möller, M.: Beiträge zur Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft am Beispiel elektronischer Massenprodukte - Teilvorhaben 2: Ökologische und ökonomische Begleitforschung; Freiburg, 2003
- Rüdenauer / Gensch 2004 Rüdenauer, I.; Gensch, C.-O.; Freiburg 2004; Eco-Efficiency Analysis of Washing Machines. Refinement of Task 4: Further use versus substitution of washing machines in stock, commissioned by: CECED Brussels, Belgium
- Strubel et al. 1999 Strubel, V. Gensch, C.-O. Buchert, M. Bunke, D. Ebinger, F. Heber E. Hochfeld, G. Grießhammer, R. Quack, D. Reichart, I. Viereck, H.-G.: Beiträge zur Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft am Beispiel des komplexen Massenkonsumproduktes TV-Gerät : Teilvorhaben 1: Ökologische und ökonomische Begleitforschung „Grüner Fernseher“. Endbericht, Öko-Institut e.V., Freiburg/Darmstadt/Berlin 1999
- UBA 2004 Umweltbundesamt: Deutsches Treibhausgasinventar 1990-2002 - Nationaler Inventarbericht 2004. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, Dessau 2004
- UBA 2003 Umweltbundesamt: Umweltdaten Deutschland Online: <http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/dispatcher?event=WELCOME>, Dessau 2003
- UBA 1998 Umweltbundesamt: Branchenbezogene Inventare zu Stickstoff- und Phosphoremissionen in die Gewässer. UBA-Text 24/98, Berlin 1998
- UNFCC 1997 United Nations Framework Convention on Climate Change: Kyoto Protocol, Kyoto 1997
- UNECE 1999 United Nations Economic Commission for Europe: Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone, Gothenburg 1999