



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 24.01.2014

Energy efficient telecommunication networks

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

upc-cablecom GmbH
Zollstrasse 42
8021 Zürich
www.upc-cablecom.ch

Autoren:

Dr. Martin Streicher-Porte, martin.streicher@fhnw.ch
Katja Pfeiffer, katja.pfeiffer@fhnw.ch
Mischa Zschokke, m.zschokke@carbotech.ch

BFE-Bereichsleiter: Dr. Michael Moser
BFE-Programmleiter: Roland Brüniger
BFE-Vertragsnummer: SI/500 859-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Inhalt

1.	Projektziele und Eingrenzung.....	4
1.1.	Ziele	4
1.2.	Rechtliche Situation.....	4
1.3.	Untersuchungsrahmen	6
2.	Datenquellen und Messungen.....	7
2.1.	Materialflüsse	7
2.2.	Energieflüsse.....	8
2.3.	Ökobilanzierung (LCA)	9
3.	Resultate	10
3.1.	Physische Dateninventare.....	10
3.2.	Energieverbrauch	12
3.3.	Ökobilanz (LCA)	13
3.3.1.	Festlegung der Ziele und Untersuchungsrahmen	13
3.3.2.	Systemgrenze.....	14
3.3.2.1.	Technik	14
3.3.3.	Funktionelle Einheit	14
3.3.4.	Allokation	15
3.3.5.	Base Line: Ökologische Auswirkungen des UPC cablecom Netzwerkes	15
3.3.5.1.	Vollständiger Lebenszyklus	15
4.	Internationale Zusammenarbeit.....	17
5.	Bewertung 2013 und Ausblick 2014.....	17
6.	Referenzen	18

1. Projektziele und Eingrenzung

1.1. Ziele

Die Studie "Energy efficient telecommunication networks" hat als Ziel, moderne Telekommunikationsnetzwerke hinsichtlich ihrer ökologischen Umweltbelastungen zu erfassen und zu analysieren. Um Vergleiche anzustellen werden verschiedene Zukunftsszenarien entworfen, die technologische Entwicklungen und -soweit möglich- Änderungen im Nutzerverhalten mit einbeziehen. Die effektiven und prospektiven Umweltbelastungen werden mittels einer Ökobilanzierung berechnet und bewertet. Verschiedene Studien haben die Materialflüsse und Umweltauswirkungen auf die Dienstleistung Internet Nutzung untersucht und dabei Grundlagen zu Analyse eines solchen Systems gelegt (Müller et al. 2012; Müller et al. 2013). Da sich jedoch sowohl das Angebot, als auch die Nachfrage nach Telekommunikationsdienstleistungen extrem dynamisch entwickeln, soll diese detaillierte Untersuchung ein besseres Verständnis des Ist-Zustandes und möglichen Entwicklungspfaden aufzeigen. Zwei Dimensionen der Dienste Telefonie, Datenverkehr und Fernsehen spielen dabei eine entscheidende Rolle:

1. der Lebenszyklus von Geräten und Infrastrukturen inklusive des elektrischen Energieverbrauchs während der Nutzung und
2. der Einbezug von Teilen des hierarchischen Aufbaus des Telekommunikationsnetzwerks das sinngemäss an ein weltweites Datenübertragungsnetzwerk angeschlossen ist.

Ein zweiter Ansatz, um den Ist-Zustand und zukünftige Szenarien abzubilden, wird durch die Annahme der Datenvolumina pro Haushalt und deren Aufteilung in die Bereiche Datenverkehr und TV-Angebot angestrebt. Dies ist insofern wichtig, da sich sowohl das Angebot als auch die Nachfrage an TV Dienstleistungen sehr dynamisch verändert und die Angebote ergänzt werden. Dazu gehören z.B.

- Video on Demand (VOD),
- zeitversetztes Fernsehen,
- Browser-basierte TV Angebote
- Video Blogging und online gaming,
- etc. - und weitere Angebote.

Es ist zu erwarten, dass diese Angebote eher zunehmen als abnehmen. Gleichzeitig wird die traditionelle Form des Fernsehens sicher für längere Zeiträume beibehalten wenngleich auch in diesem Bereich die technologischen Fortschritte eher im Verborgenen ablaufen. So werden immer mehr Kanäle nur noch digital, jedoch in HD Auflösung (high definition) gesendet.

1.2. Rechtliche Situation

Auf europäischer Ebene wird als Durchführungsverordnung für komplexe Set-top Boxen (CSTB) unter der Direktive für energieverbrauchsrelevante Produkte (*European Directive for energy-related products* (ErP) (EU, 2009/125/EC 2009) eine freiwillige Industrievereinbarung erstmals anstelle von einer gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderung durchgesetzt (*Voluntary Industry Agreement (VA) to improve the energy consumption of Complex Set Top Boxes within the EU* (Industry Group, 2011)). Der EU Rat und das EU Parlament haben dieses VA am 22.November 2012 angenommen (Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the voluntary ecodesign scheme for complex set-top boxes¹). Damit wurde zum ersten Mal eine freiwillige Vereinbarung als Ersatz für

¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0392:FIN:EN:PDF>

eine Durchführungsverordnung zur Ecodesign Richtlinie (2009/125/EC) anerkannt. Allerdings behält sich die Kommission vor, rechtsverbindliche Anforderungen in Zukunft zu formulieren, falls die freiwillige Vereinbarung doch keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefern sollte. Im Begleittext wird das VA klar als eine Selbstregulierungsmassnahme unter der Ecodesign Direktive beschrieben. Solche sind explizit vorgesehen und sind gegenüber gesetzlichen Regulierungen vorzuziehen, solange die Ziele kostengünstiger und schneller erreicht werden können.

Die Unterzeichner der VA verpflichten sich, dass 90% der von ihnen in der EU abgegebenen CSTB, mit den Mindestanforderungen des VA konform sind. Diese sind als TEC Werte (Typical Energy Consumption) in kWh festgelegt. Die TEC Werte variieren je nach Technologie (base functionality) und Zuschläge für weitere Funktionen (additional functionalities).

25 Firmen haben das VA unterzeichnet, davon sind 10 Hersteller, 10 Service Provider und 5 Software- und Prozessoren-Hersteller. Drei weitere Service Provider und zwei Hersteller sind als „wahrscheinliche Unterzeichner“ aufgeführt. Die 25 Firmen decken ca. 77% der in der EU verkauften CSTB in 2012 ab, dies sind 7 % mehr als von der Kommission gefordert.

Seit Juli 2013 gilt die 2. Stufe des VA gemäß dem die Hersteller verschärft Mindestanforderungen des Energieverbrauchs von CSTB erfüllen müssen. Die Einhaltung der Vereinbarungen durch die Unterzeichner (Herstellerfirmen) wird seitdem von einem Expertengremium kontrolliert. Die Berichte sind öffentlich zugänglich (Molenbroek, van Doorn, and Wartmann 2012).

Abgesehen von diesem gemeinsamen Industrieabkommen ist die technische Entwicklung jedoch weiter fortgeschritten als die Vorschriften berücksichtigten. Heute besitzen viele CSTB oder Multimedia Gateways ihre eigene Festplatte, die vorübergehend oder dauerhaft Daten (Filme, Bilder, Musik oder sonstige Daten) sichern. Zusätzlich dienen viele CSTB oder Multimedia Gateways als Internetrouter ebenso wie als Telefonstation und müssen deshalb die ganze Zeit betriebsbereit sein. Viele der Funktionalitäten eines modernen Multimedia Gateways werden noch nicht angemessen in den Regelungen oder dem VA beschrieben.

In 2013 wurde in der EU der Stromverbrauch von Geräten im Aus- und Bereitschaftszustand neu gefasst. Die "Standby-Verordnung" aus dem Jahr 2008 (EU, Nr. 1275/2008) hatte noch keine Angaben zu Stromverbrauchsbeschränkungen für netzwerkfähige Geräte enthalten. Nach längeren Verhandlungen wurde diese Verordnung ergänzt und unter neuem Namen publiziert. Die zuvor genannte Verordnung wurde aufgehoben. Seit Ende 2013 gilt nun die ergänzte Verordnung (EU, Nr. 801/2013) und schreibt eine stufenweise Verschärfung der Leistungsaufnahme von netzwerkfähigen Geräten bis 2019 vor.

Unterschieden wird in der Verordnung zwischen folgenden Typen von Geräten:

- „... „vernetztes Gerät mit hoher Netzwerk-Verfügbarkeit“ (Hi-NA-Gerät) bezeichnet ein Gerät, das als Hauptfunktion(en) ausschließlich eine oder mehrere der folgenden Funktionen erfüllt: Router, Netzwerk-Schalter, Drahtlos-Netzzugangspunkt, Hub, Modem, VoIP-Telefon, Videotelefond;“
- „vernetztes Gerät mit HiNA-Funktionen“ bezeichnet ein Gerät, das unter anderem die Funktionen eines Routers, Netzwerk-Schalters, Drahtlos-Netzzugangspunkts oder eine Kombination dieser Funktionen erfüllt, aber kein HiNA-Gerät bereitstellen müssen“... (EU, Nr. 801/2013)
- und solchen Geräten die beide Bedingungen nicht erfüllen, auch Low-Network Ability (LoNA) genannt.

Tabelle 1: Grenzwerte für die Leistungsaufnahme in Watt von HiNA und LoNA Gerätetypen

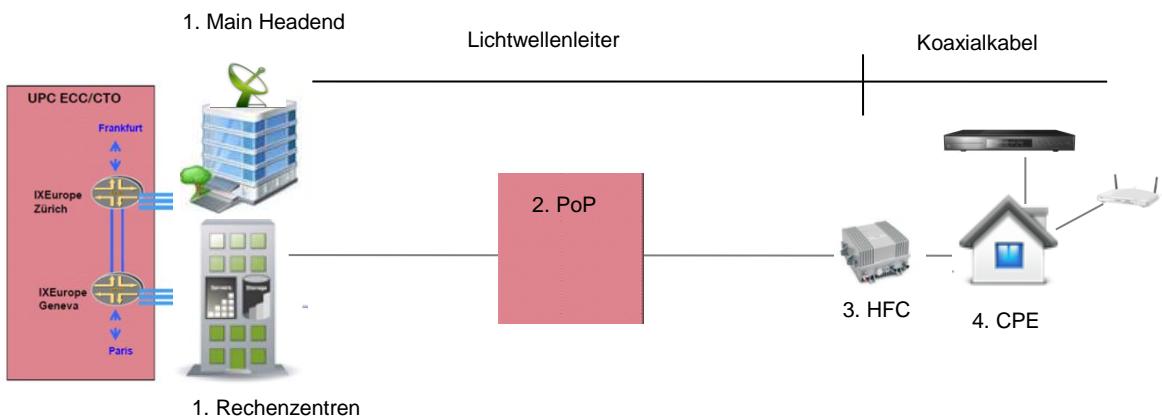
–	Tier 1 (01.Jan 2015)	Tier 2 (01.Jan 2017)	Tier 3 (01.Jan 2019)
HiNA	12 W	8 W	8 W
Geräte mit HiNA	12 W	8 W	8 W
LoNA	6 W	3 W	2 W

Die Grenzwerte für die Leistungsaufnahmen der Geräte sind in Tabelle 1 aufgelistet. Reine CSTB fallen unter die dritte Kategorie und müssen daher die technische Voraussetzung zu Begrenzung der Leistungsaufnahme zu den genannten Fristen erfüllen. Allerdings hat die Verordnung keine neue Definition von modernen Multimedia Gateways (also z.B. Modem, Drahtlos-Netzwerkzugang und CSTB in einem Gerät) in die Begriffsfestlegungen aufgenommen.

1.3. Untersuchungsrahmen

Im Rahmen dieser Studie wird die Umweltbelastung der Infrastruktur des Telekommunikationsanbieters upc cablecom innerhalb der Schweizer Grenze analysiert. Berücksichtigt wird dabei auch die Infrastruktur für die Dienste an Dritte (Partnernetze). Ausgenommen werden in der Studie die von ausserhalb der Schweiz bezogenen Dienste, wie z.B. Plattformen die vom UPC Mutterkonzern in Amsterdam unterhalten werden. Die Infrastruktur von den Betrieben und Dienstleistungsgewerbe (Business to Business, B2B) wird soweit möglich nicht in der Studie eingeschlossen allerdings lassen sich bei manchen Netzstrukturen die "Business to Consumer" (B2C) und B2B Bereiche nicht trennen. Das erfasste Inventar auf Konsumentenseite begrenzt sich auf die CPEs und Hausverstärker, jegliche Art von Endgeräten zur Visualisierung wie z.B. Fernsehgeräte, Computer werden in der Studie ausser Acht gelassen. Ein expliziter Zugang zu Mobilfunkkommunikation wird nicht betrachtet, da dieser vom Anbieter nicht abgedeckt wird. Implizit ist ein Anteil z.B. von Datenverkehr über Mobiltelefone oder Voice over IP (VoIP) in der Versorgung von Haushalten im Datenverkehr aber enthalten.

Zur Erfassung der Bestände und Energieverbräuche erfolgte für die Studie eine Einteilung der Netzarchitektur in die folgenden vier Bereiche:



1. Main Headend/ Rechenzentren

Ein Main Headend stellt den Standort dar, an dem u.a. Fernseh- und Rundfunksignale empfangen und nach der anschliessenden Verarbeitung in das Verteilernetz eingespeist werden (Lipinski 2013). Das Main Headend von UPC hat den Sitz in Zürich-Leimbach.

Unter dem Begriff Rechenzentrum wird in dieser Studie ein Standort bezeichnet, bei dem eine zentrale Datenverarbeitung stattfindet (Lipinski 2013). UPC cablecom verfügt über zwei Rechenzentren, wobei sich eines in Otelfingen und das andere in der Zollstrasse in Zürich befindet.

2. Bereich Point of Presence (POP)

Point of Presence beschreiben allgemein physische Knotenpunkte, an denen der Datenverkehr von den verschiedenen Vermittlungsstellen zusammengeführt wird (Lipinski 2013). Die PoPs können anhand ihrer Dienste in verschiedene Kategorien unterteilt werden. Je nach spezifischem Dienst (Internet, Telefonie oder TV-Dienste) gelangen Daten über das Backbone zu dem jeweiligen PoP. Für Ka-

belnetzbetreiber findet dieser Datenverkehr via TV Broadcast Signal oder als individualisierter Datenverkehr (Internetprotokoll (IP) - basierte) statt. So wird z.B. der IP-Datenverkehr in die PoPs transportiert, in denen sich die Cable Modem Termination System (CMTS) befindet.

3. Hybrid Fiber Coaxial (HFC)

Allgemein umfasst der Begriff HFC in einem Netzwerk das Transportmedium der Daten, welches aus einer Kombination von Koaxialkabel und Lichtwellenleiter besteht (Faulkner and Larmer 1997).

In der Studie bezieht sich die Bezeichnung HFC auf einen erweiterten Rahmen. Der HFC-Bereich erfasst neben den unterschiedlichen Leitungsarten zusätzlich die Nodes sowie die Haus- und Netzverstärker. In einem Node findet der Übergang von dem Lichtwellenleiter zu dem Koaxialkabel statt. Dabei werden die optischen Signale in elektrische umgewandelt.

4. Customer Premises Equipment (CPE)

Als CPE werden Endgeräte bezeichnet, die auf der Kundenseite an das Datennetz angeschlossen sind und entsprechende Dienste unterstützen. Sie stellen eine Schnittstelle zu den Anschlussgeräten wie z.B. Telefon, Fernsehen und Computer dar (Lipinski 2013). Im Bereich der CPE werden die Endgeräte Modem (Dienste Internet/ Telefonie), Set-top-Box (STB, TV-Dienste) und Multimedia Gateway (Internet, Telefonie und TV Dienste) zusammengefasst.

Baseline

Die Einführung des Multimedia Gateways (Horizon) im Jahr 2013 dient als Ausgangspunkt für die Netzbetrachtung. In der Studie beschreibt die Baseline den Zustand der Netzbereiche vor der Einführung des Multimedia Gateways. Unter Berücksichtigung der Systemgrenze wurden für das Referenzjahr 2012 die Bestände sowie die Energieverbräuche für die einzelnen Bereiche ermittelt. Die Bestandsaufnahme und die Energieverbräuche beziehen sich in der Studie auf die Ausstattung und Nutzung des Equipments, welches für die Verbindung vom Rechenzentrum bzw. Main Headend bis hin zu den CPEs benötigt wird.

2. Datenquellen und Messungen

2.1. Materialflüsse

Grundlagen für die Ermittlung des Bestands waren diverse Interviews mit Experten und betriebseigene Datensammlungen. Zur Vereinfachung weist die Studie die Bestände und Energieverbräuche des Backbones und des Nodes nicht separat aus. Sowohl die Bestände wie auch die Verbräuche sind aufgrund der Verteilung des Backbone²-Equipments in den einzelnen Bereichen abgebildet.

Mittels der Studie des Umweltbundesamt (Hintemann, Fichter, and Stobbe 2010) erfolgte eine Ergänzung der fehlenden Bestände des Rechenzentrums in der Zollstrasse und des Headend in Leimbach. Zusätzlich wurden in Bezug auf die Bestände des Rechenzentrums in Otelfingen weitere Geräte zugefügt und mit einem geeigneten Faktor adaptiert.

² Backbone: Physikalische Verbindung verschiedener Teilnetze ("Netzwerke. Grundlagen" 2006)

2.2. Energiefüsse

Die Studie basiert auf den Energiedaten des C360 Tools³. Die Daten bilden den Energiekonsum über ein Jahr hinweg ab. Aufgrund dessen können die jahreszeitliche Schwankungen sowie die Auslastung des Netzes nicht berücksichtigt werden. Wobei der Energiekonsum des Netzwerks mehrheitlich unabhängig von der Auslastung ist (Müller, Widmer, and Orthlieb 2012).

Die Verbrauchsdaten der PoPs wurden über die Leistungsaufnahme des Equipments berechnet. Die Werte bilden einen ganzjährigen Betrieb von 24 Stunden ab.

Der bedingte Energieverbrauch der CPEs für das Jahr 2012 berechnet sich anhand der Gerätebestände sowie den Messungen zur Leistungsaufnahme und der täglichen Nutzungsdauer. Die Berechnung erfolgte mit Hilfe der Formel 1 zur Bestimmung des Typical Electricity Consumption (TEC) - Wertes. Die TEC-Werte der einzelnen CPEs wurden anschliessend mit den Gerätebeständen skaliert. Es wurde eine Nutzung von 365 Tagen/a angenommen.

Formel 1 Berechnung des TEC-Wertes. Der TEC Wert ermöglicht den Vergleich von Energieverbrauchs-werten von Geräten mit gleichen Funktionalitäten, indem der typische Energieverbrauch eines Produktes im Normalbetrieb über einen repräsentativen Zeitraum bewertet. Der TEC-Wert [kWh/a] berechnet sich aus der Leistungsaufnahme (Watt), P-Wert, in den entsprechenden Betriebszuständen (Pon/ Pstandby) und den T-Werten (Ton/ Tstandby), die den Zeitanteil des Betriebszustandes festlegen. Da der Zeitanteil prozentual berechnet wird und der TEC-Wert den Energiekonsum pro Jahr abbilden soll, wird der Term zusätzlich mit dem Faktor 0.365 multipliziert (Energiestar 2013).

$$TEC \text{ [kWh/a]} = 0.365 * (T_{on} * P_{on} + T_{standby} * P_{standby})$$

Die Ermittlung der Leistungsaufnahme erfolgte durch das Institut für Automation (FHNW). Für diese wurden Messungen der CPEs (Tabelle 2) in verschiedenen Betriebsarten mittels Power Analyser (Markt: Voltech, Typ: PM 1000) durchgeführt.

Tabelle 2: Aufteilung der CPEs nach den Kategorien Modem und Set-top-Box, an denen die Messungen zur Leistungsaufnahme erfolgten.

Modem	STB
Thomson TWG870	Philips DCR7101
Scientific Atlanta EPC2203	Philips DCR8111
Ubee EVM3236	Cisco 8485DVB
Ubee EVM3206	Pace DCR7111
Motorola SVB6120E	Thomson DCI52
Technicolor TC7200	Cisco 8685DVB

Um systematische Fehler zu reduzieren erfolgten die Messungen mit jeweils 2 Endgeräten des gleichen Typs. Anschliessend sind die Werte auf ihre Plausibilität hin überprüft und der Mittelwert bestimmt worden. Der ermittelte TEC-Wert errechnete sich anhand der Mittelwerte und den vorgebenden

³ Im Zuge des Corporate Responsibility (CR) Report, werden nationalen Tochtergesellschaften der Liberty Global beauftragt die jährlichen Energieverbräuche systematisch zu erfassen. Dabei werden die Energiedaten eines Kalenderjahrs von allen Standorten und Netzbestandteilen erfasst. Meist erfolgt die Datenerhebung anhand der Zählerlisten. Die Standorte besitzen z.T. einen Zähler, über den neben dem Netzequipment auch die Versorgung von Bürogebäuden erfolgt. Mittels einer Allokation werden die Verbräuche den einzelnen Bereichen zugewiesen.

Betriebszeiten des VA. Die Messdaten der Set-top-Box ADB (Receiver) und ADB (Recorder) stammen aus einer Messreihe der Liberty Global.

Die derzeitigen Werte beziehen sich lediglich auf die Leistungsaufnahme in den Betriebszuständen aktiv und „hot standby“. Da sich insbesondere die STB in ihren Standbymodi unterscheiden, wird in einem nachfolgenden Schritt ein genaueres Nutzerprofil erstellt werden. Zusätzlich wird eine Anpassung der spezifischen Nutzungsdauer (Tabelle 3) für die Schweiz in die Berechnung mit einfließen.

Tabelle 3: Durchschnittliches Nutzungszeiten in der Schweiz für die Dienste Fernsehen (TV), Datenverkehr (Internet) und Sprechminuten (Telefon). Alle Daten beziehen sich auf "traditionelle" Dienste, d.h. TV über TV Kanäle am Fernseher (ohne online Streaming von TV Angeboten) oder Sprechminuten über eigenständiges Telefon (ohne Internettelefonie) (Mediapulse 2012; Bundesamt für Statistik BFS 2011; Latz-er et al. 2012).

Dienst	h/d	h/w	min/month
Television	2.5		
Internet	0.8	5.6	
Telefon	0.22	1.55	394

2.3. Ökobilanzierung (LCA)

Wesentliche Merkmale der Ökobilanzierung sind die Berechnung von Stoff- und Energieflüsse (in- und outputs) über den gesamten Lebensweg, d.h. von Einführung in das anthropogene System bis zur Endlagerung, eines System und die anschliessende Bewertung der Einflüsse nach ökologischen Kriterien.

Die Ökobilanz ist demzufolge eine quantitative Methode zur Beurteilung der Umweltauswirkung durch menschliche Tätigkeiten. In einem ersten Schritt werden Güter-, Stoff- und Energieflüssen erfasst. Die Umweltauswirkungen der Emissionen werden anhand von gewählten Indikatoren bestimmt. Mittels der geeigneten Methode kann anschliessend eine Beurteilung der Umweltauswirkungen erfolgen. Die Ökobilanz ist folglich ein nutzvolles Hilfsmittel, welches Auskunft über die Auswirkungen von Produkten, Prozessen, Dienstleistungen und Massnahmen auf die Umwelt gibt.

Folgende ISO-Normen wurden gezielt für die LCA Anwendung entworfen:

- ISO 14040: Grundsätze und Rahmenbedingungen (E. ISO 2006)
- ISO 14044: Definition der Ziele und Untersuchungsrahmen, Sachbilanz (LCI), Wirkungsabschätzung (LCIA) und Auswertung (D. ISO 2006)

In Anlehnung an ISO 14040 umfasst eine LCA-Studie die folgenden 4 Schritte:

1. Festlegung der Ziele und des Untersuchungsrahmen
2. Sachbilanz (LCI): Ermittlung und Quantifizierung aller ökologisch relevanter Input- und Outputflüsse eines Systems.
3. Wirkungsabschätzung (LCIA): Ziel ist die Bedeutung der potenziellen Umweltauswirkungen der gesamten Input- und Outputflüsse zu beurteilen.
4. Auswertung: In dieser Phase werden die Ergebnisse verdichtet und Schlussfolgerungen gezogen. Dies wird oft durch eine kritische Betrachtung der gesamten Studie ergänzt.

Eine der wichtigsten Forderungen des ISO Standards ist die sorgfältige Dokumentation der Zieldefinition, der Systemgrenzen und der Interpretationsergebnisse. Außerdem ist eine externe Evaluation (peer review) der LCA durch einen Experten einzuplanen.

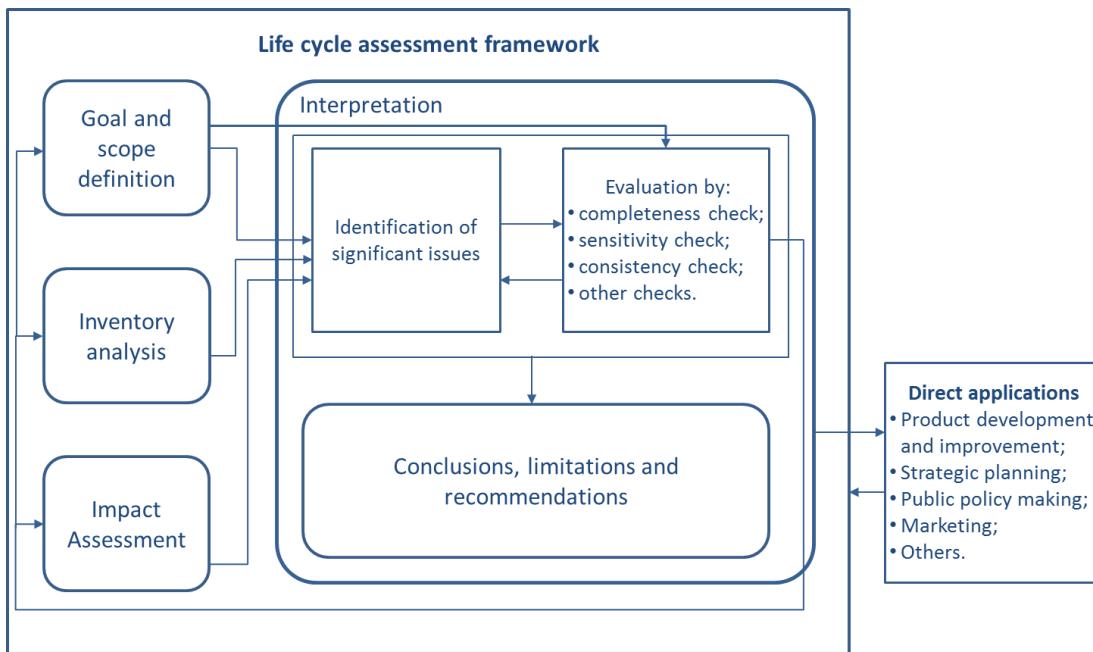


Abbildung 1 Ablauf und Elemente einer LCA gemäss dem ISO technical standard 14'044

In der Sachbilanz wird ein Modell für ein komplexes Produktsystem von der Produktion, dem Transport, Nutzen bis hin zur Entsorgung entworfen. Daraus ergibt sich ein graphisches Flussdiagramm oder ein Prozessbaum mit den erforderlichen Prozessen. Für jeden Prozess werden die relevanten Input- und Outputflüsse erfasst und quantifiziert. Das Ergebnis ist gewöhnlich eine sehr lange Liste von Zugängen und Abflüssen, welche häufig schwierig auszuwerten sind.

Um jedoch die Auswirkung auf die Umwelt beurteilen zu können, müssen die Stoffflüsse der Sachbilanz anhand ihrer ökologischen Mechanismen beurteilt werden. Dies erfolgt in der anschliessenden Phase der Wirkungsabschätzung. Im Hinblick auf die Umweltwirkung kann das Resultat einer LCI dann in verschiedene Wirkungskategorien wie Versauerung, Klimaveränderung etc. übertragen werden.

3. Resultate

3.1. Physische Dateninventare

In Tabelle 4 werden die einzelnen Netzbereiche quantifiziert. Die Reihenfolge der Bestandteile orientiert sich an der Netzarchitektur von der Konsumentenseite ausgehend. Die Daten beziehen sich hinsichtlich der CPEs, Netzverstärker auf das Jahr 2012. Die restlichen Angaben sind aus dem Jahr 2013. Trotz der dynamischen Netzveränderungen wurde in der Studie angenommen, dass der Bestand für den Zeitraum zwischen 2012 und 2013 statisch geblieben ist.

Tabelle 4 Quantifizierte Netzbereiche. Die Bestandteile des Netzbereichs HFC (Verstärker und Leitungen) wurden in der Tabelle extra ausgewiesen. Der Bereich PoP und Headend/ Rechenzentrum beziehen sich hier auf die Anzahl der Standorte.

Netzbereiche	Anzahl
CPE	1'186'869
Hausverstärker	286'427
Netzverstärker	85'015
Kupferkabel (km)	34'865
Lichtwellenleiter (km)	11'956
PoP	85
Headend Leimbach	1
Rechenzentrum	2

Von den insgesamt 371'442 Verstärkern, die im HFC Bereich installiert sind, können anteilig 3-mal so viele Hausverstärker wie Netzverstärker verzeichnet werden. Des Weiteren wird ersichtlich, dass die Netzleitungen der Datentransporte zu einem grösseren Anteil an Koaxialkabel bestehen.

Ende 2012 waren 1'186'869 CPEs im Umlauf. ca. 844'424 Haushalte mit Dienstleistungen. Die Daten beinhalten zusätzlich die CPES der Partnernetze. In der Anzahl wurden die 201'179 Digicards nicht berücksichtigt. In der Kategorie Modems sind vermehrt das Thomson TWG870 und das Scientific Atlanta in Betrieb. Bei den STB ist ersichtlich, dass die Anzahl der Boxen mit dem Status korrespondiert.

3.2. Energieverbrauch

Im Vergleich der Energieverbräuche der einzelnen Netzbereiche (Abbildung 2) wird erkennbar, dass insbesondere der Stromverbrauch der CPEs den grössten Energiekonsum im Netzwerk beträgt. Je weiter sich die Netzbereiche von der Konsumentenseite her entfernen, desto geringer wird der Stromverbrauch der einzelnen Bereiche.

Die Stromverbräuche des Main Headend in Leimbach und der Rechenzentren liegen der C360 Liste zugrunde. In dem Stromverbrauch der PoPs sind die einzelnen Verbräuche der Standorte zusammengefasst. Basierend auf den gegenwärtigen Energiedaten aus dem C360-Tool erfolgte für die PoP-Standorte eine Berechnung des durchschnittlichen PUEs von 1,2. Dies entspricht generell keinem realistischen PUE von älteren Netzwerken. So können ältere Rechenzentren z.B. eine PUE von 2.5 aufweisen. Derzeitig liegt der PUE bei den meisten Unternehmen zwischen 1.8 – 1.89 (Coroama et al. 2013). Aufgrund der genaueren Abbildung der Stromverbräuche in der C360 Liste und einer Standortübereinstimmung von 60%, fand jedoch eine Skalierung für die restlichen PoP – Standorte mit dem PUE 1,2 statt. In den Daten des Mainheadend und der beiden Rechenzentren ist der gesamte Verbrauch erfasst, womit keine Anpassung mittels eines PUEs erforderlich ist.

Einen weiteren grösseren Anteil stellt der HFC-Bereich dar. Der Energieverbrauch des HFC-Netzes setzt sich aus dem Stromverbrauch der Hausverstärker mit 25'593'000 kWh/a und den Netzverstärker mit 21'724'000 kWh/a zusammen. Obwohl die gesamt Stromverbräuche der einzelnen Verstärkertypen gering voneinander abweichen, unterscheiden sich die Verbräuche in Bezug auf ihre Anzahlen. Demnach ergibt sich der ca. 3-fache Verbrauch der Netzverstärker mit 255.5 kWh/a zu den Hausverstärkern mit 89.4 kWh/a.

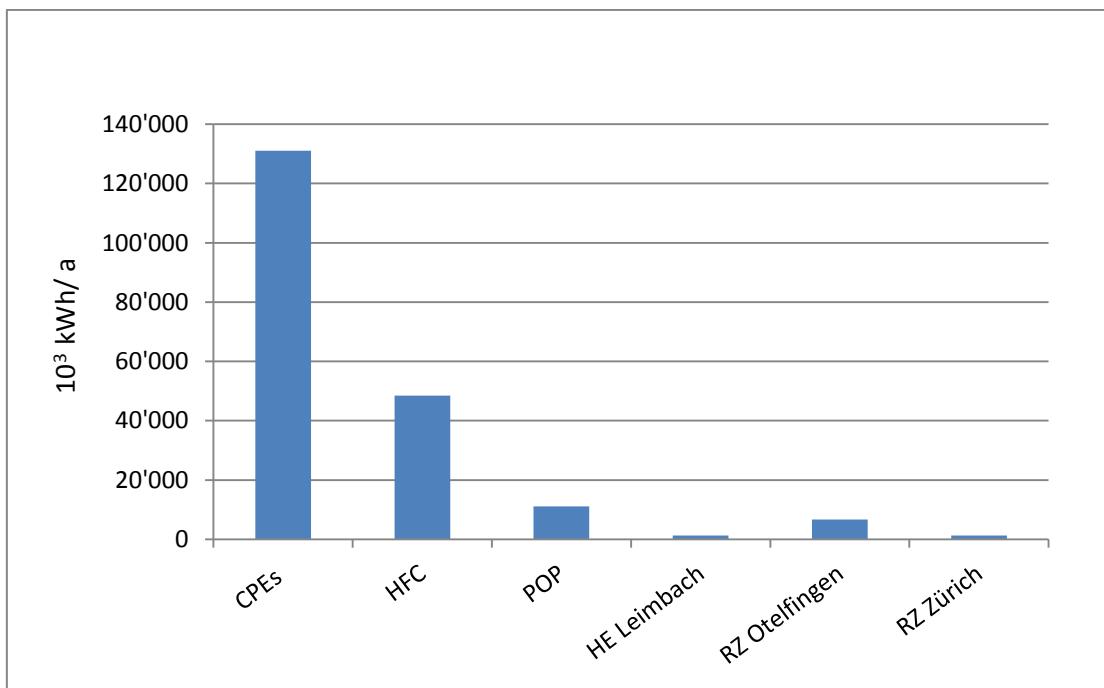


Abbildung 2 Stromverbrauch in kWh der Netzbereiche (Stand 2012).

Beeinflusst werden kann der Gesamtenergieverbrauch der CPEs zusätzlich durch die Anzahl und Kombination der Endgeräte. In Abbildung 3 und 4 sind die einzelnen Stromverbräuche der CPE dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass in der Kategorie Modem sich insbesondere das Thomson TWG 860 und das Scientific Atlanta von den Energieverbräuchen der restlichen Modems unterscheidet. Das Thomson TWG870 weist mit 107 kWh/a den grössten und Scientific Atlanta mit 44 kWh/a den geringsten Stromverbrauch auf.

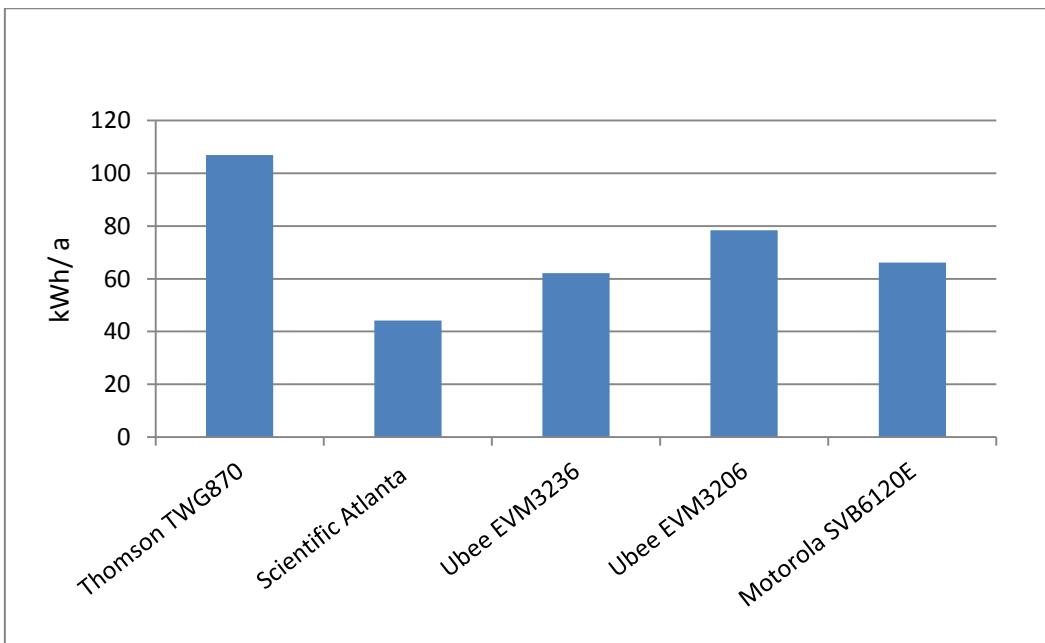


Abbildung 3: Stromverbrauch in kWh für die Kategorie Modem (Stand 2012).

Die Verbräuche der STB bewegen sich meist im Rahmen von 100 kWh – 160 kWh pro Jahr. Abweichungen sind bei den STB Philips HD DCR8111 und Pace HD DCR7111 ersichtlich. Dabei benötigt die DCR811 mit 236 kWh/a den höchsten und die DCR711 mit 84 kWh/a die geringste Energie.

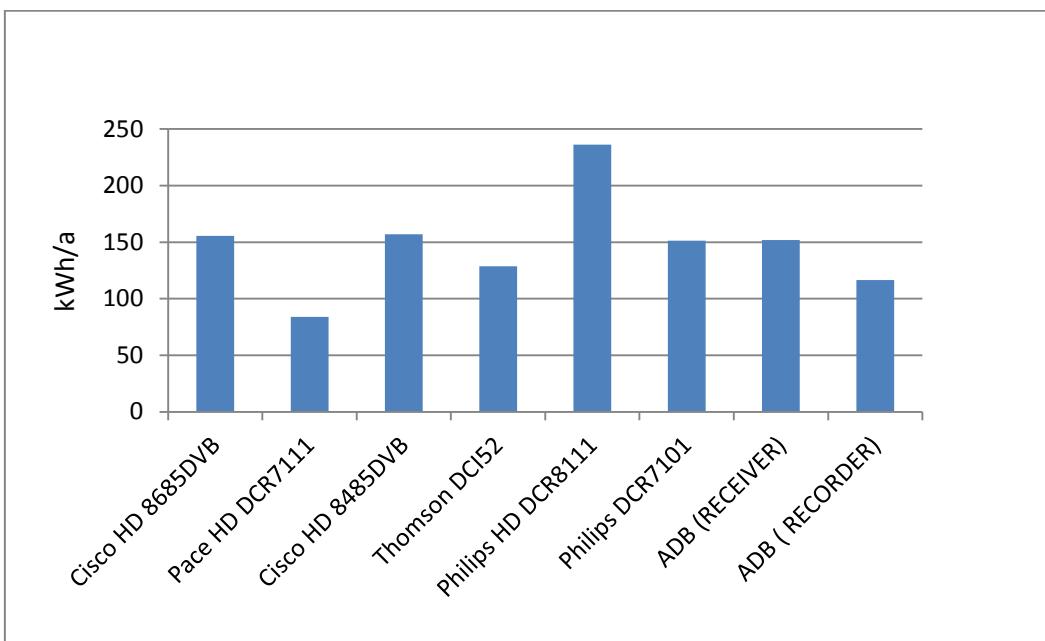


Abbildung 4: Stromverbrauch in kWh für die Kategorie STB (Stand 2012).

3.3. Ökobilanz (LCA)

3.3.1. Festlegung der Ziele und Untersuchungsrahmen

Das Ziel dieser Studie "Energy efficient telecommunication networks" ist, exemplarisch für ein moderne Telekommunikations-netzwerke die Umweltbelastungen zu erfassen und zu analysieren und diejenigen Bereiche mit dem grössten Einsparpotentialen zu identifizieren.

Nachfolgende werden die wichtigsten methodischen Festlegungen, Annahme und Limitierungen beschrieben.

3.3.2. Systemgrenze

Zeitliche Systemgrenze

Es wurde immer für ein Kalenderjahr bilanziert (Januar bis Dezember). Auf für zukünftige Szenarien wird jeweils ein Jahr als Zeitperiode angenommen.

Geographische Systemgrenze

Die untersuchte Netzwerkinfrastruktur ist auf die Schweiz begrenzt. Für die vorgelagerten Prozesse (wie z.B. die Produktion der Leiterplatten) werden meist globale Grenzen benutzt, da die Produktionsprozesse weltweit verteilt sind. Sofern *ecoinvent* Prozesse verwendet werden, werden die entsprechenden Grenzen angewandt.

3.3.2.1. Technik

Die Technologiedaten fundieren hauptsächlich auf den Daten von UPC cablecom. Falls ein vertretender Prozess abgeschätzt wurde, kamen die aktuellsten Datenbankdaten für einen gleichgelagerten Prozess zum Einsatz.

3.3.3. Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit (fE) dient als Bezugsgröße in der Ökobilanzierung. Eine fE dient als mathematische Größe mit deren Hilfe die Umweltauswirkungen zweier ähnlich gelagerte Produkte oder Dienstleistungen erfasst werden können und deren extra gleiche *Nutzung für eine bestimmte Funktion* (fE) verglichen werden können.

Eine LCA einer Netzinfrastruktur eines Telekommunikationsanbieters umfasst sowohl eine grosse Anzahl an technischen Geräte als auch variierender Verhaltensmuster ihrer Nutzer. Sowohl das Konsumentenverhalten wie auch die technische Ausrüstung unterliegt einem raschen Wandel und es ist nicht immer einfach zwischen der Ursache und der Auswirkung zu unterscheiden. Die Studie beschäftigt sich zudem damit, wie sich das zukünftige Kabelnetz entwickeln könnte, folglich ist es notwendig zwischen einer funktionellen Einheit zu unterscheiden, die die Nachfrageseite berücksichtigt und einer funktionellen Einheit, welche die transportierten Daten abbildet.

Ein Beispiel zur Erläuterung: Bandbreiten und Datenvolumen werden deutlich ansteigen, ungeachtet dessen, ob im Gesamten betrachtet oder auf den einzelnen Haushalt bezogen. Grund hierfür ist u.a. dass die Nachfrage nach HD TV kontinuierlich steigt, folglich nimmt der Datenverkehr zu. Gleichzeitig wird vermehrt IP basiertes, nicht lineares Fernsehen nachgefragt. Dezentralisierter TV-Konsum kann dazu führen, dass eine Familie verschiedene Programme zur gleichen Zeit auf sehr unterschiedlichen Endprodukten (Notebook, Tablett oder Flachbildschirm) ansehen könnte. Grundsätzlich könnte die gesamte transportierte Datenmenge dennoch die gleiche oder sogar grösser als bei einem Single-Haushalt der HD Programme nutzt sein.

Hierfür werden 2 funktionelle Einheiten als Referenzwert für die LCA ausgewählt.

Funktionelle Einheit 1:

Der Bedarf an Telekommunikationsdiensten eines typischen Nutzerprofils während eines Jahres bezogen auf einen Haushalt (durchschnittlicher Wert).

Funktionelle Einheit 2:

Die Nachfrage von einem bestimmten Datenvolumen, das innerhalb eines Jahres von einem Haushalt nachgefragt wird (Up- und Download).

3.3.4. Allokation

Gegenwärtig sind alle Umweltauswirkungen entweder auf das gesamte Netzwerk oder einem durchschnittlichen Haushalt gleich verteilt. Für zukünftige Szenarien sind Verteilungen zwischen den verschiedenen Endnutzern angedacht.

3.3.5. Base Line: Ökologische Auswirkungen des UPC cablecom Netzwerkes

Abbildung 5 veranschaulicht die Netzbereiche hinsichtlich der Herstellungsprozesse. Im Ergebnis überwiegt die Menge an Endgeräte und macht die Auswirkungen der Rechenzentren und des Main-headend im Vergleich verschwindend gering.

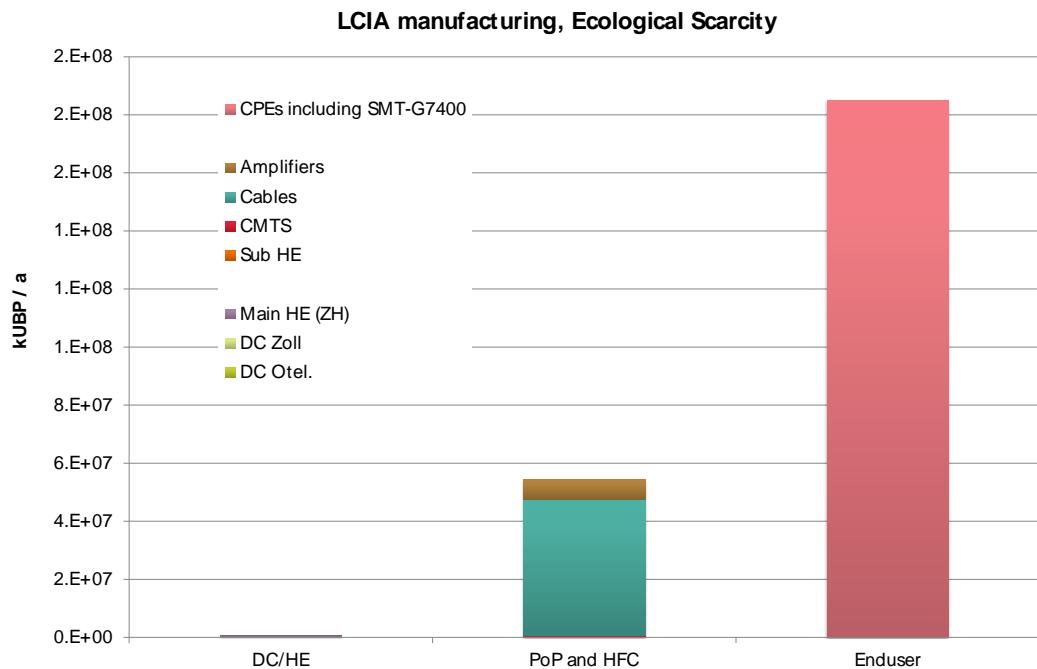


Abbildung 5 Ökobilanz entsprechend der ökologischen Knaptheit, Produktionsphase, gesamtes Telekommunikationsnetzwerk

3.3.5.1. Vollständiger Lebenszyklus

Die Ergebnisse der vorangegangen zwei Kapitel werden nun mit einander verknüpft und zeigen den kompletten Lebenszyklus für die verschiedenen Komponenten innerhalb des Telekommunikationsnetzes auf. Die voraussichtliche Lebensdauer oder die mittlere Betriebsdauer (MTBF) werden folglich mitberücksichtigt, um die Auswirkung für ein Jahr zu reflektieren.

Die folgende Abbildung 6 wurde zum Vergleich mit Umweltauswirkungen von alltäglichen Aktivitäten ergänzt. Werden die verschiedenen Lebensphasen der Geräte betrachtet so fällt in Abbildung 7 besonders die Nutzungsphase von Endgeräten aber auch von Netzwerkkomponenten ins Gewicht (Darstellung ebenfalls der ökologischen Knaptheit in Umweltbelastungspunkten).

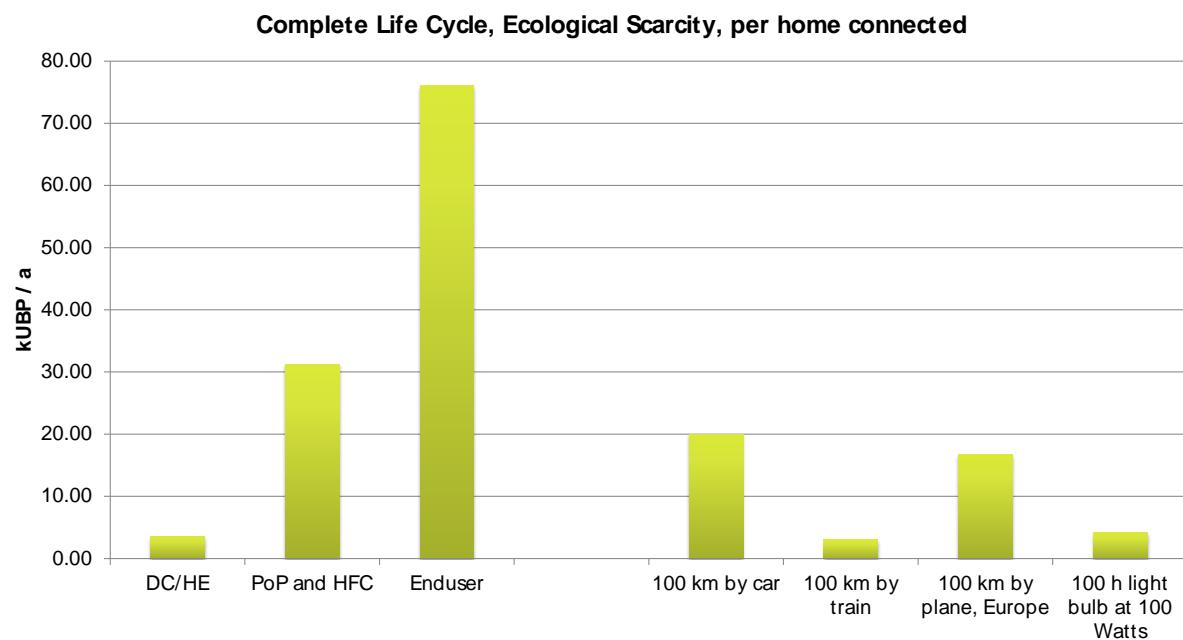


Abbildung 6 Ökobilanz entsprechend des ökologischen Knappheit , gesamtes Telekommunikationsnetzwerk (Stand 2012)

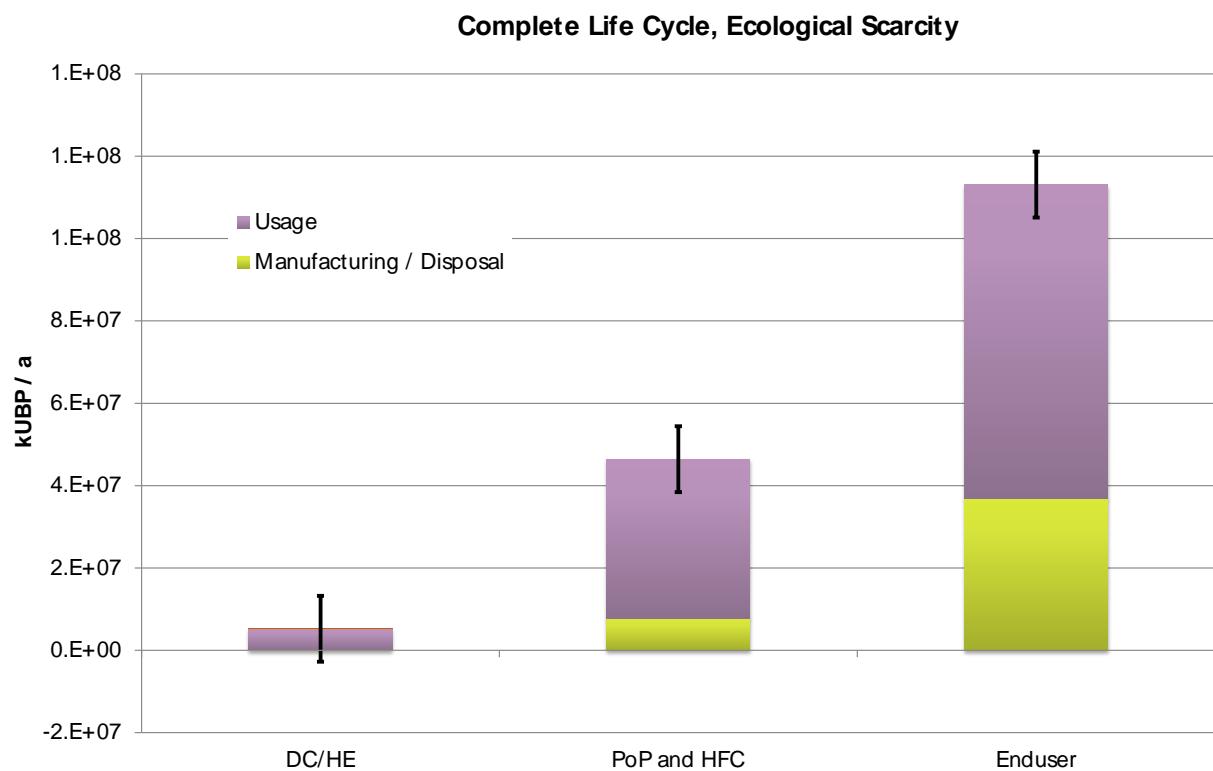


Abbildung 7 Ökobilanz entsprechend der ökologischen Knappheit, gesamtes Telekommunikationsnetzwerk (Stand 2012)

4. Internationale Zusammenarbeit

Dem Mutterkonzern des Auftraggebers werden Empfehlungen zur Datensammlung und Datennormalisierung zusammengestellt. Die systematische Vorgehensweise der LCA eignet sich für ein einheitliches Datenerhebung (data collection), -bewertung (evaluation) und Berichterstattung (reporting) in hervorragender Weise.

Schliesslich ist es das Ziel des Auftraggebers, qualitative oder quantitative Zielvorgaben für eine ständige Verbesserung der Umweltperformance zu erarbeiten. Für dieses Vorhaben soll diese Studie Grundlagen erarbeiten.

5. Bewertung 2013 und Ausblick 2014

Die Studie soll in der ersten Hälfte 2014 abgeschlossen werden.

Es wird angestrebt mit Hilfe einer Wiederholung der Berechnungen die sehr dynamischen Veränderungen in Telekommunikationsnetzwerken abzubilden, eventuelle Tendenzen hin zu stark ansteigendem Ressourcenverbrauch festzustellen und Empfehlungen zu Vermeidung oder Verringerung dieser aufzuzeigen.

6. Referenzen

- Bundesamt für Statistik BFS. 2011. "Wohnbevölkerung Nach Hauptsprache." <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/05/blank/key/sprachen.html>.
- Coroama, Vlad C., Lorenz M. Hilty, Ernst Heiri, and Frank M. Horn. 2013. "The Direct Energy Demand of Internet Data Flows." *Journal of Industrial Ecology*: n/a–n/a. doi:10.1111/jiec.12048.
- Energiestar. 2013. "Energiestar." <http://www.energystar.ch/?action=select&newsNO=57951&id=4573>.
- EU, Nr. 1275/2008. VERORDNUNG (EG) Nr. 1275/2008 DER KOMMISSION Vom 17. Dezember 2008 Zur Durchführung Der Richtlinie 2005/32/EG Des Europäischen Parlaments Und Des Rates Im Hinblick Auf Die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Den Stromverbrauch Elektrischer Und Elektronischer Haushalts- Und Bürogeräte Im Bereitschafts- Und Im Aus-Zustand, [Http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:339:0045:0052:de:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:339:0045:0052:de:PDF).
- EU, 2009/125/EC. 2009. DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 Establishing a Framework for the Setting of Ecodesign Requirements for Energy-Related Products.
- EU, Nr. 801/2013. VERORDNUNG (EU) Nr. 801/2013 DER KOMMISSION Vom 22. August 2013 Zur Änderung Der Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 Im Hinblick Auf Die Festlegung von Ökodesign- Anforderungen an Den Stromverbrauch Elektrischer Und Elektronischer Haushalts- Und Bürogeräte Im Bereitschafts- Und Im Aus-Zustand Und Zur Änderung Der Verordnung (EG) Nr. 642/2009 Im Hinblick Auf Die Festlegung von Anforderungen an Die Umweltgerechte Gestaltung von Fernsehgeräten [Http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:225:0001:0012:DE:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:225:0001:0012:DE:PDF).
- Faulkner, D.W., and A. L. Larmer. 1997. "Broadband Access Networks."
- Hintemann, Ralph, Klaus Fichter, and Lutz Stobbe. 2010. "Materialbestand Der Rechenzentren in Deutschland Eine Bestandsaufnahme Zur Ermittlung von Ressourcen- Und Energieeinsatz". Umweltbundesamtes.
- Industry Group. 2011. "Voluntary Industry Agreement to Improve the Energy Consumption of Complex Set Top Boxes within the EU, Proposal from the Industry Group, Version 3.0, 2nd September 2011." http://www.eceee.org/Eco_design/products/complex_set_top_boxes/Voluntary%20agreement%20CSTBs%20-%20V%203.0_-02%2009%202011.pdf.
- ISO, DINEN. 2006. ISO-14044 (2006) Environmental Management—lifecycle Assessment— requirements and Guidelines (ISO 14044: 2006). Beuth Verlag, Berlin.
- ISO, EN. 2006. "14040: 2006." Environmental management—Life Cycle assessment—Principles and Framework.
- Latzer, Michael, Natascha Just, Sulkhan Metreveli, and Florian Saurwein. 2012. "Internet - Anwendungen und deren Nutzung in der Schweiz". Forschungsbericht. World Internet Project - Switzerland 2011. Zürich: Universität Zürich. http://www.mediachange.ch/media/pdf/publications/Anwendungen_Nutzung.pdf.
- Lipinski, Klaus. 2013. "IT Wissen. Das Grosse Online-Lexikon Für Informationstechnologie." <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/customer-premises-equipment-Teilnehmer-Endgeraet-CPE.html>.
- Mediapulse. 2012. "Jahresbericht 2012." <http://www.mpgruppe.ch/de/tv/publikationen/jahresbericht.html>.
- Molenbroek, Edith, Joris van Doorn, and Sina Wartmann. 2012. "Report of the Independent Inspector to the VA on CSTBs - 2010 - 2011, Ecofys." <http://www.difgroup.eu/uploads/DocsAndMediaManager/documents/2012%2006%2004%20%20Report%20Independent%20Inspector%20Final.pdf>.
- Müller, Esther, Rolf Widmer, Vlad C. Coroama, and Amélie Orthlieb. 2013. "Material and Energy Flows and Environmental Impacts of the Internet in Switzerland." *Journal of Industrial Ecology*: n/a–n/a. doi:10.1111/jiec.12056.
- Müller, Esther, Rolf Widmer, and Amélie Orthlieb. 2012. "Materialflüsse Und Umweltauswirkungen Der Dienstleistung 'Internet in Der Schweiz'."
- Müller, Esther, Rolf Widmer, Amélie Orthlieb, and Benoit Girardin. 2012. "Materialflüsse Und Umwelt- auswirkungen Der Dienstleistung 'Internet Schweiz'." "Netzwerke. Grundlagen." 2006. Leibniz Universität Hannover.