

Ganzheitliche Bewertungsmethoden zur nachhaltigen Gestaltung der IKT – ein Überblick zu aktuellen Beispielen

Beitrag zum Fachgespräch:
Ökobilanz der Internetwirtschaft

Carl-Otto Gensch
Frankfurt am Main
23.03.2017

Das Öko-Institut ...

... ist eines der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungsinstitute für eine nachhaltige Zukunft.

- Gegründet 1977, gemeinnütziger Verein
- Standorte in Freiburg, Darmstadt und Berlin
- Auftraggeber: Europäische Union, Ministerien auf Bundes- und Landesebene, Unternehmen, Stiftungen, Verbände NGO

Unsere Arbeit

Auf Basis einer interdisziplinären Forschung

- erstellen wir wissenschaftliche Studien,
- entwickeln wir methodische Grundlagen,
- beraten wir Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft,
- bearbeiten wir rund 360 nationale und internationale Projekte pro Jahr.

Unsere Themen

Energie und Klimaschutz

(Energieszenarien, Emissionshandel, Erneuerbare Energien, Netzeinbindung ...)



Ressourcenwirtschaft

(Seltene Erden, Urban Mining, Recycling IT...)



Mobilität

(nationale Verkehrsdaten, E-Mobilität ...)



Nachhaltigkeit in Konsum

(Produktbewertung und -Entwicklung: Ökodesign-Richtlinie, Ökobilanzen, Carbon Footprint, Nachhaltigkeitsbewertung PROSA, EcoTopTen ...)



Nukleartechnik und Anlagensicherheit

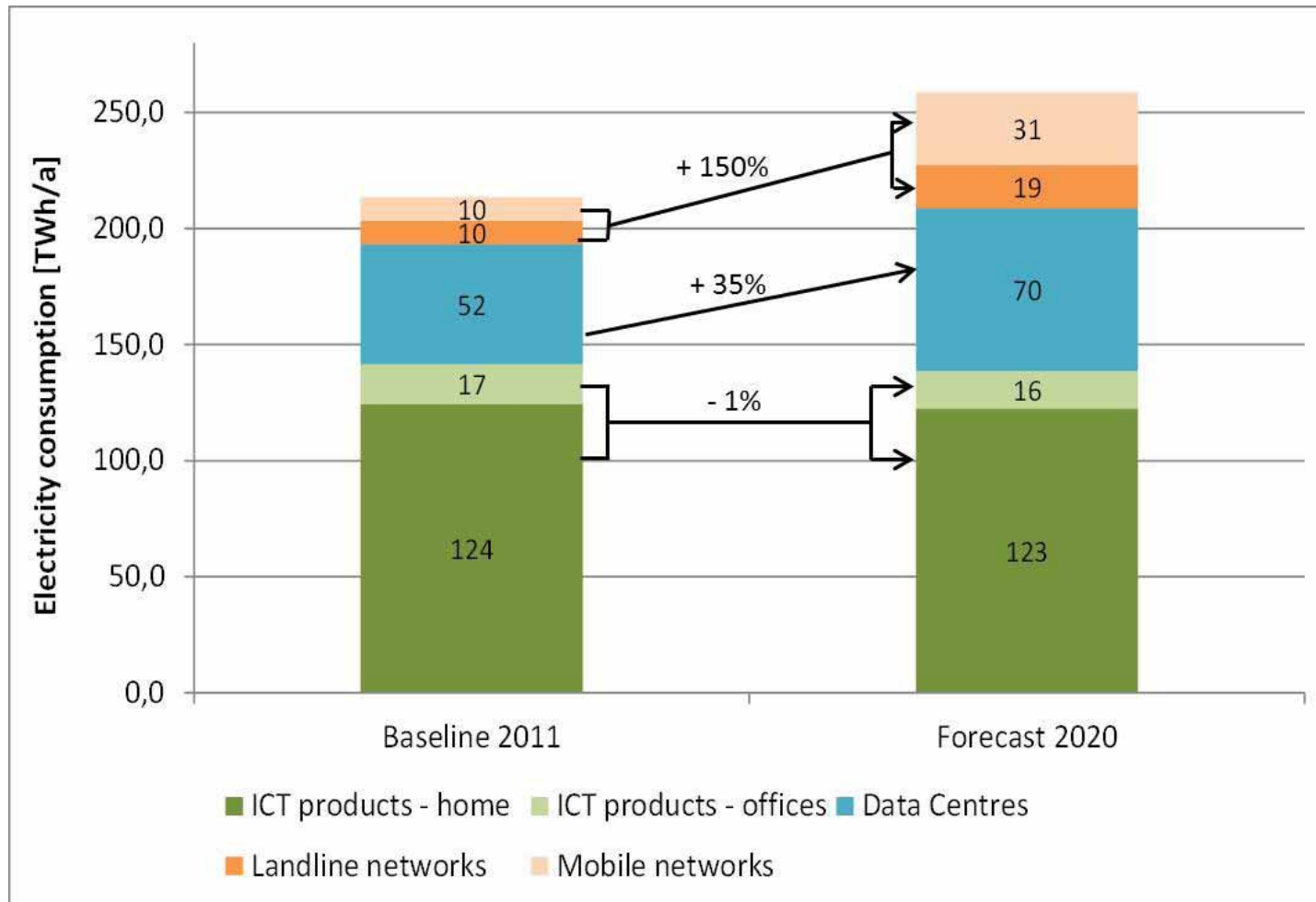
(Begutachtung AKW, Endlager-Konzept)

Übersicht

- Warum Ökobilanzen?
- Grundzüge der Methode
- Beispiel 1:
Orientierende Ökobilanz (PCF) zu Speicherdiensten
- Beispiel 2:
Ökobilanzen zu E-Books
- Fazit

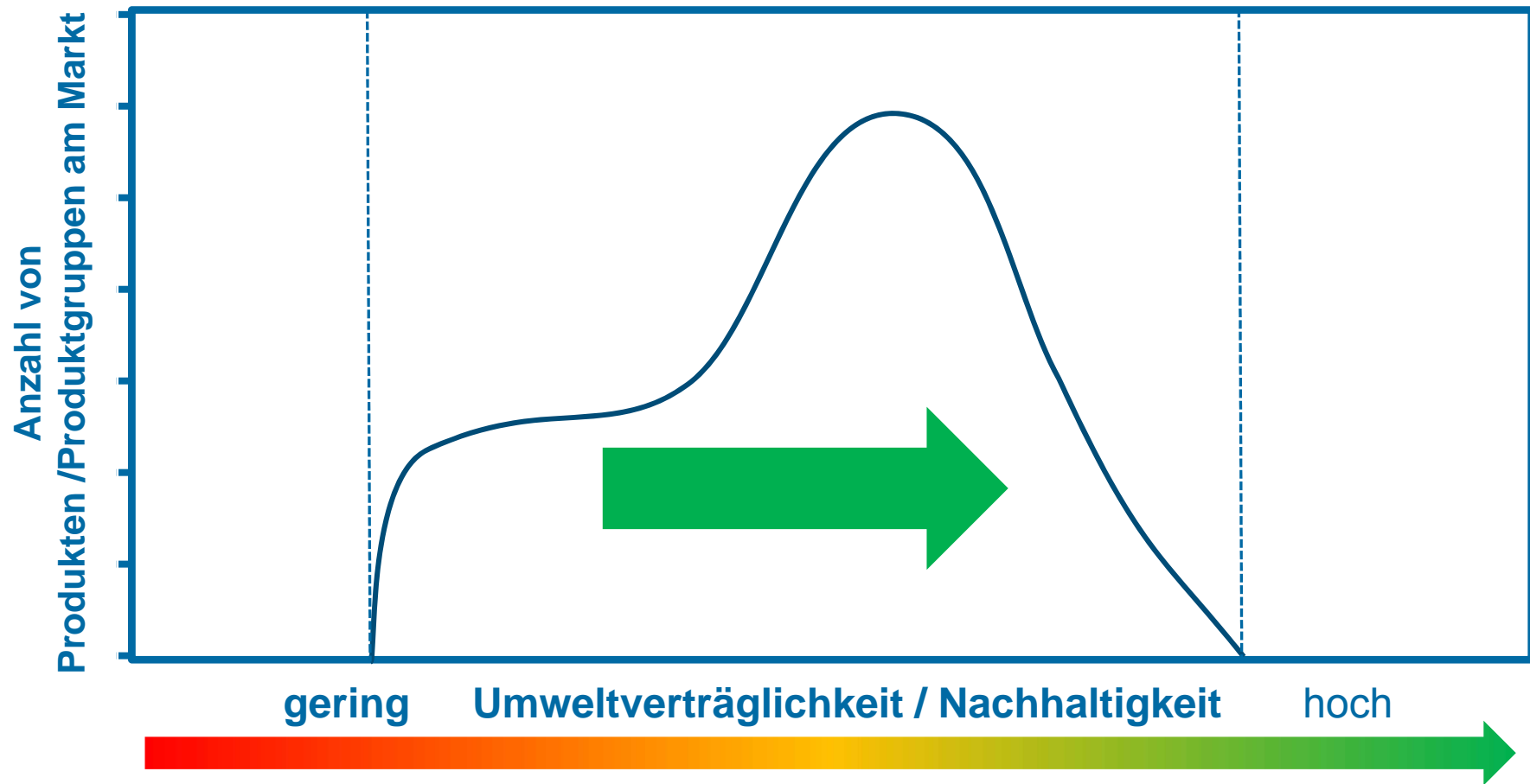
Warum Ökobilanzen?

Entwicklung des Endenergiebedarfs IKT EU-27



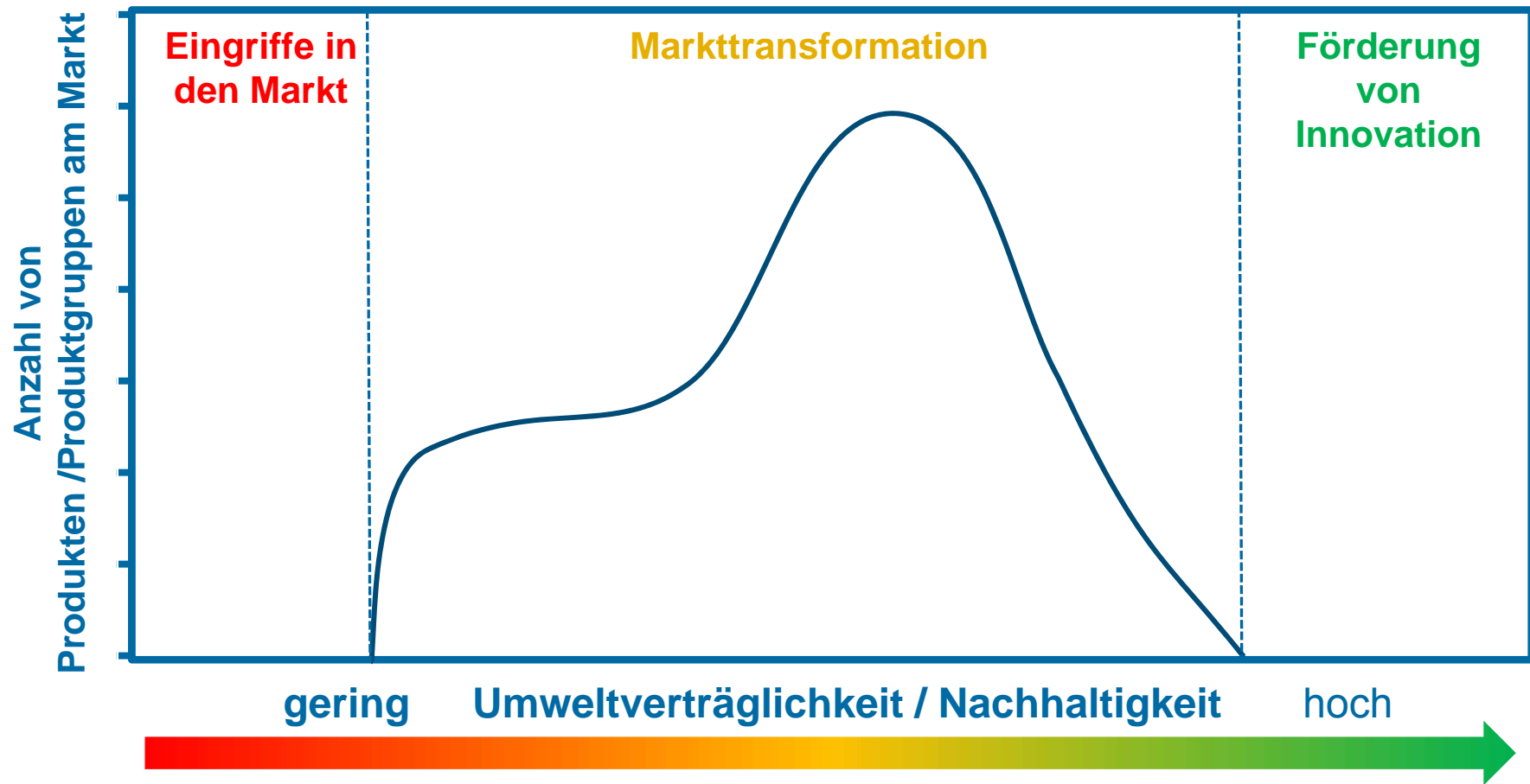
Quelle: Prakash et al. 2014

Warum Ökobilanzen? Produktpolitischer Kontext



Quelle: DG Environment, verändert

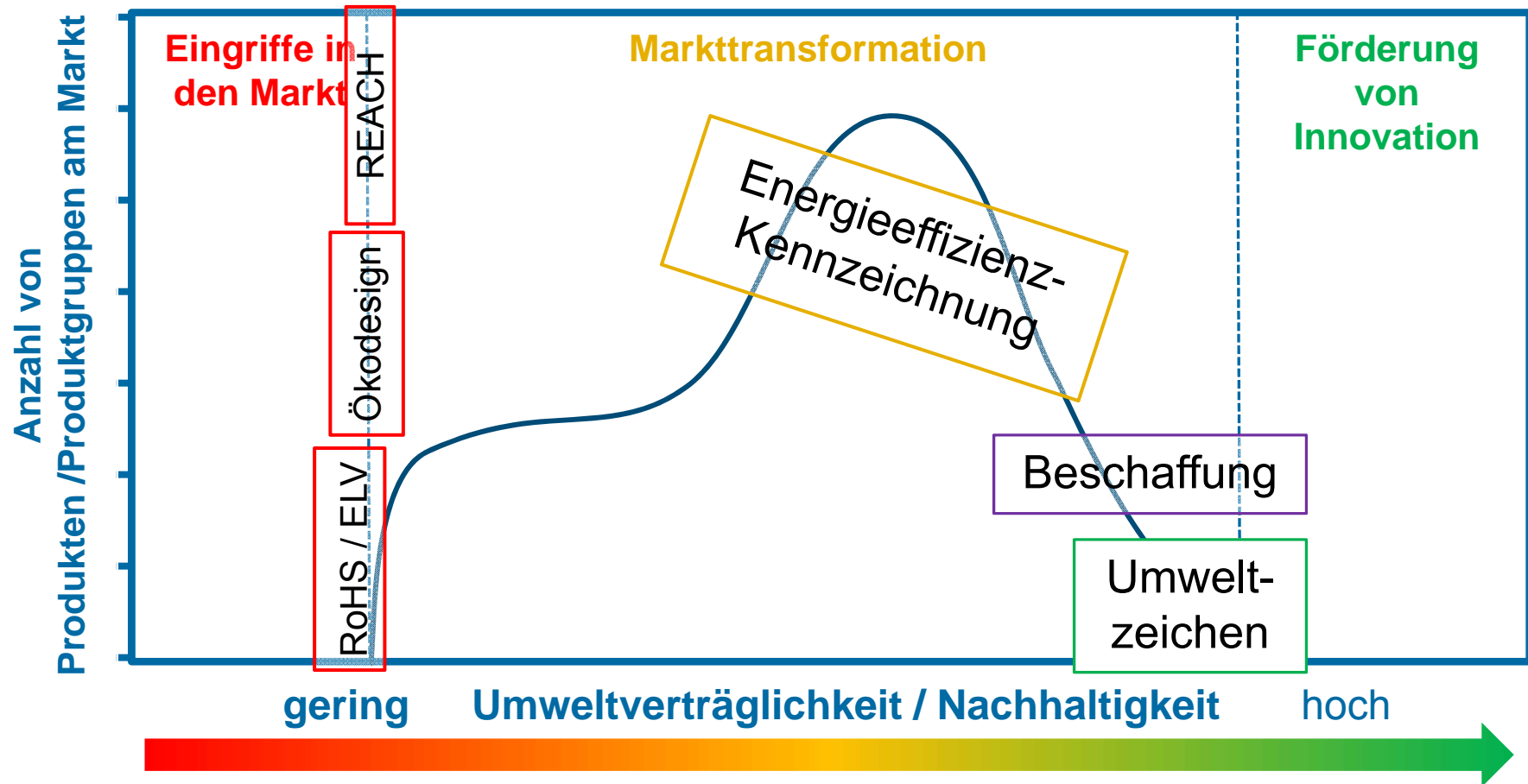
Warum Ökobilanzen? Produktpolitischer Kontext



Quelle: DG Environment, verändert

Warum Ökobilanzen?

Produktpolitischer Kontext



Quelle: DG Environment, verändert

Grundlagen zu Ökobilanzen I

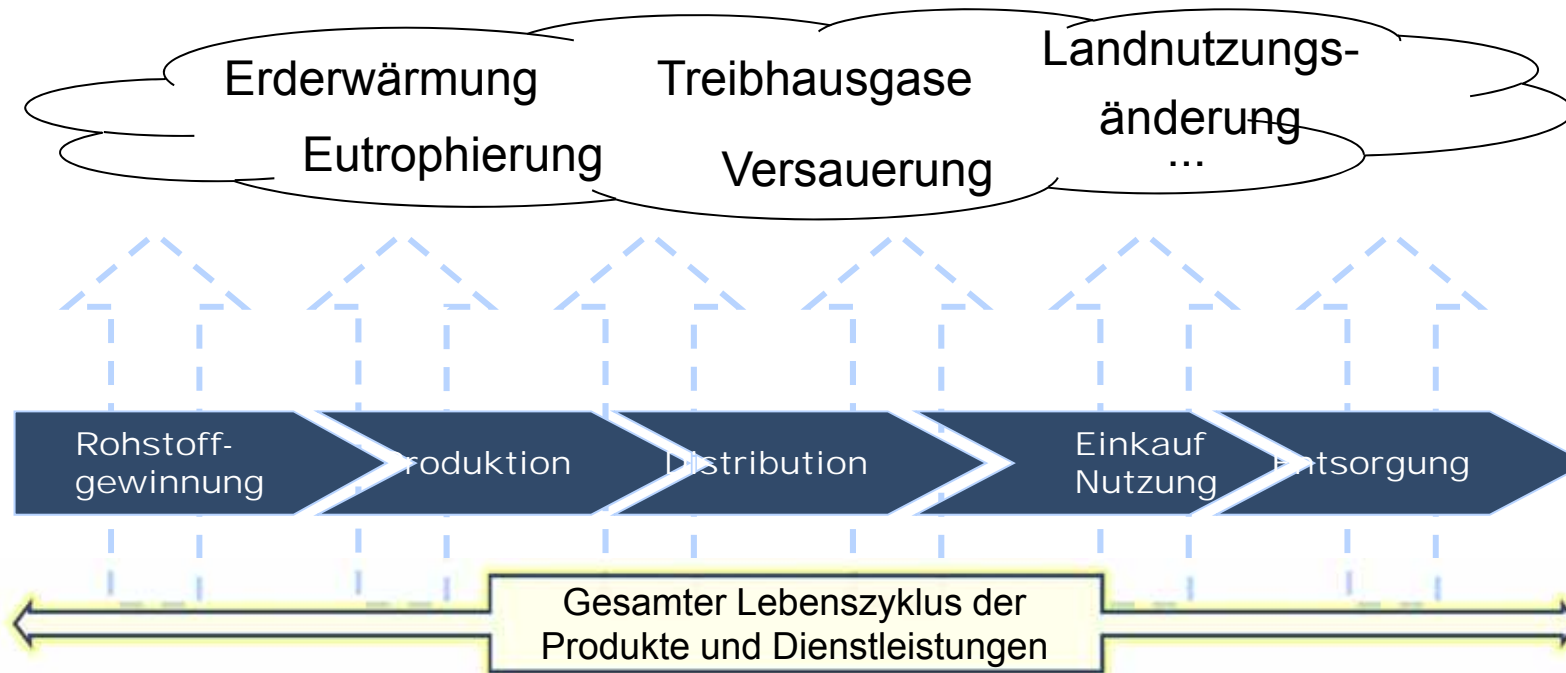
Eine Ökobilanz ist

- eine Methode zur systematischen Analyse der Umweltwirkungen von Produkten (oder Dienstleistungen) entlang des gesamten Lebensweges der Produkte

Ökobilanzen analysieren und bewerten somit

- sämtliche potentiellen Umweltwirkungen bei der Produktion, in der Nutzungsphase und bei der Entsorgung des Produktes, einschließlich vor- und nachgeschalteten Prozesse (z. B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe).

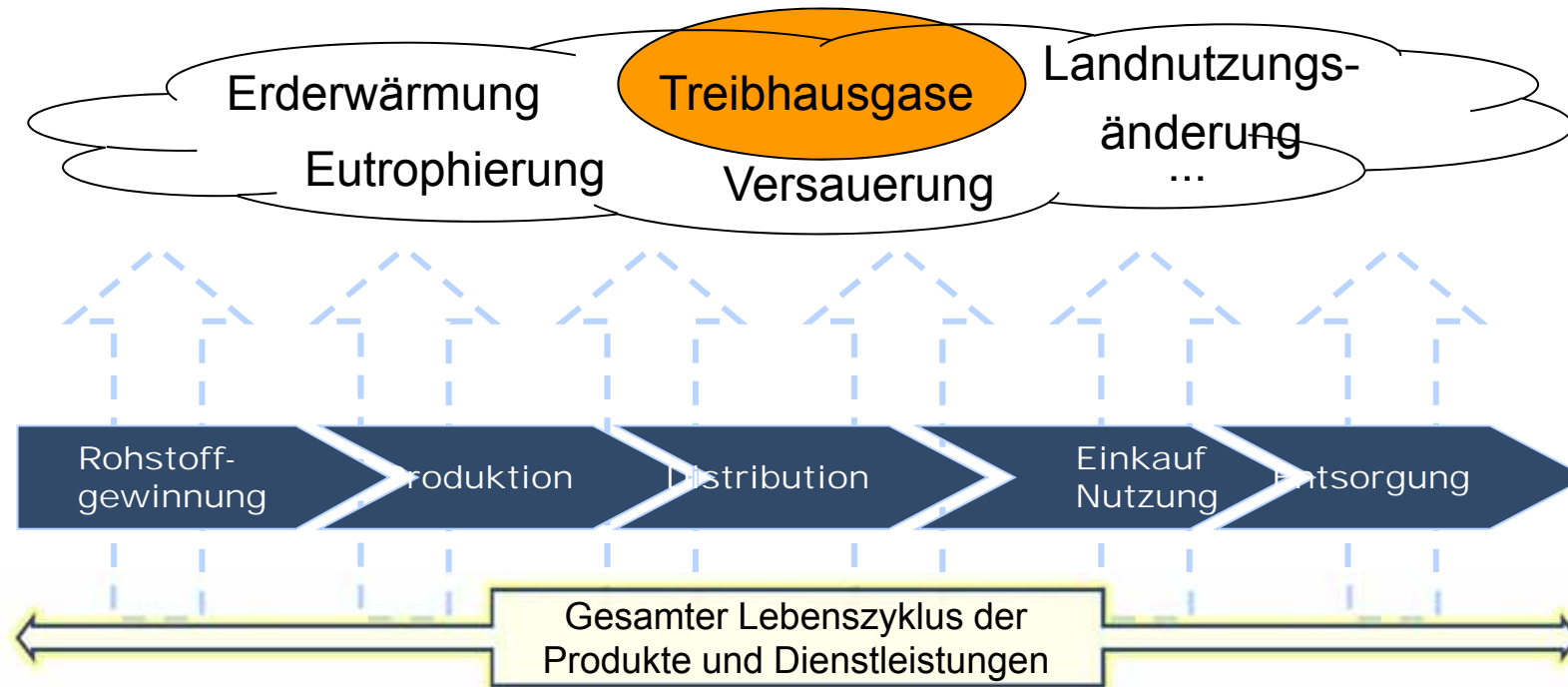
Methodischer Hintergrund: Ökobilanz (LCA; PEF)



Ökobilanz...

berücksichtigt alle potenziellen bilanzierbaren
Umweltauswirkungen entlang des gesamten
Lebenszyklus eines Produkts

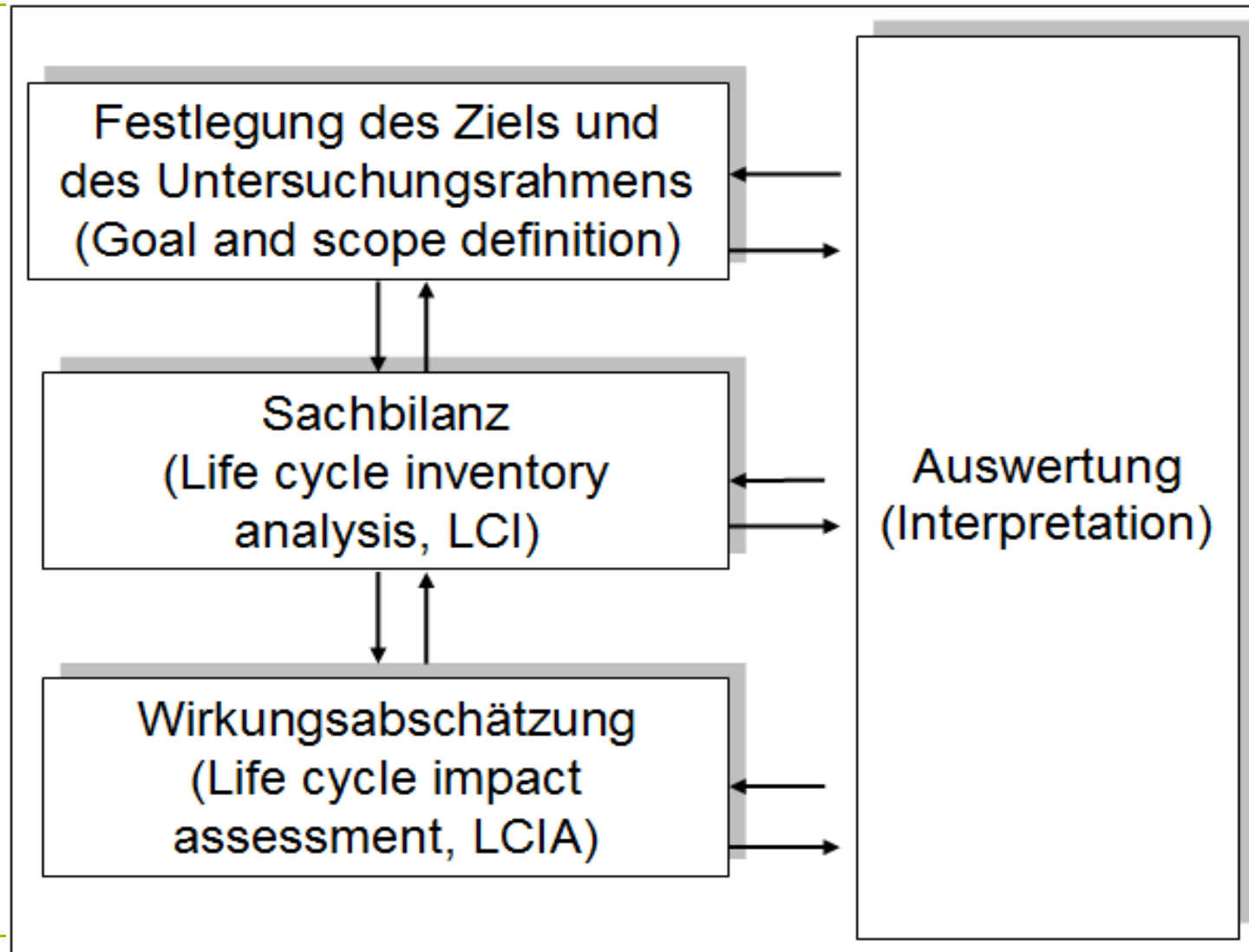
Methodischer Hintergrund: Klimabilanz (PCF)



Klimabilanz...

berücksichtigt alle potenziellen bilanzierbaren Auswirkungen von Treibhausgasen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts

Bestandteile einer Ökobilanz vgl. ISO 14040 und 14044



Phasen von Ökobilanzen I

Phase	Wesentliche Inhalte
Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Produkte werden einbezogen? • Wer ist Adressat der Studie? • Welche Funktionen erfüllen die einbezogenen Produkte? Festlegung der funktionellen Einheit als Bezugs- und ggf. als Vergleichsgröße der Ökobilanz • Systemgrenzen der Untersuchung und Abschneidekriterien
Sachbilanz	<ul style="list-style-type: none"> • Datenerhebung und –validierung • Berechnungsverfahren (letztlich: Bezug aller Stoff- und Energieströme auf die funktionelle Einheit) • Allokationsverfahren bei Multi-Output- und Multi-Input-Verfahren

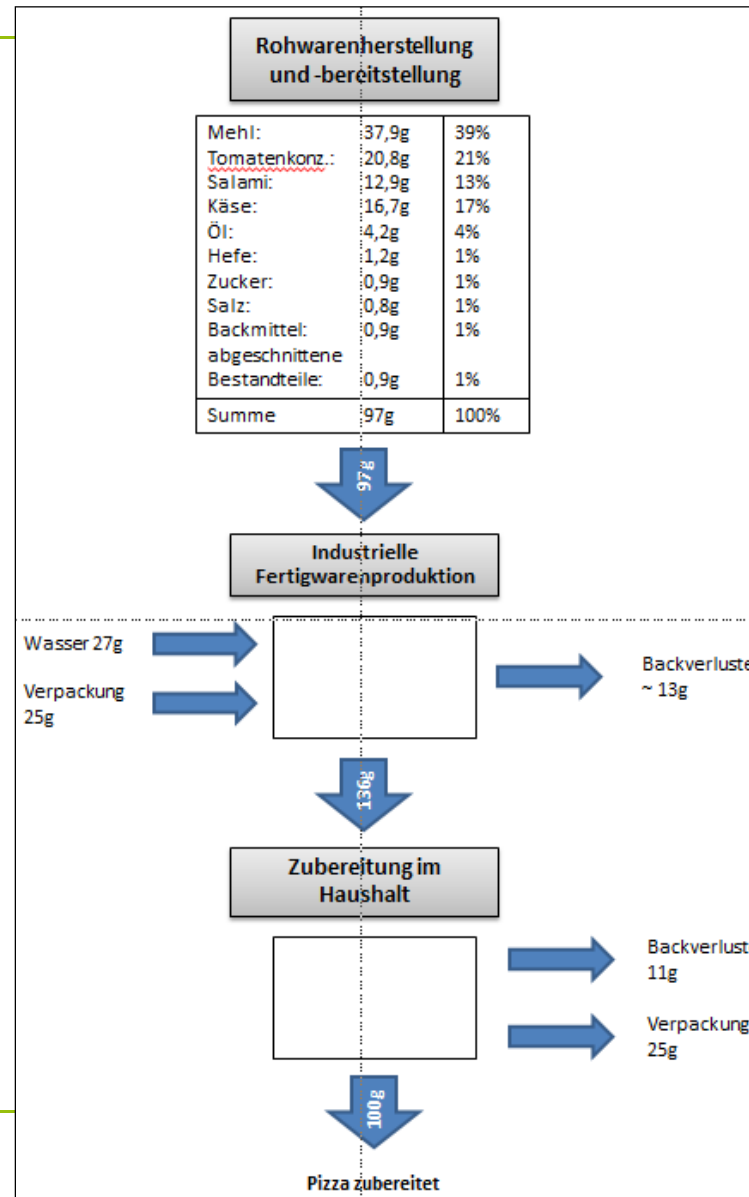
Phasen von Ökobilanzen II

Phase	Wesentliche Inhalte
Wirkungsabschätzung	Generell: Beurteilung der Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen aus den Ergebnissen der Sachbilanz Verbindliche Bestandteile: <ul style="list-style-type: none"> • Auswahl von Wirkungskategorien, -indikatoren und Charakterisierungsmodellen • Klassifizierung • Charakterisierung • Wirkungsindikatorwerte Optionale Bestandteile: <ul style="list-style-type: none"> • Normierung (Bildung von Einwohnerequivalenzen) • Ordnung • Gewichtung

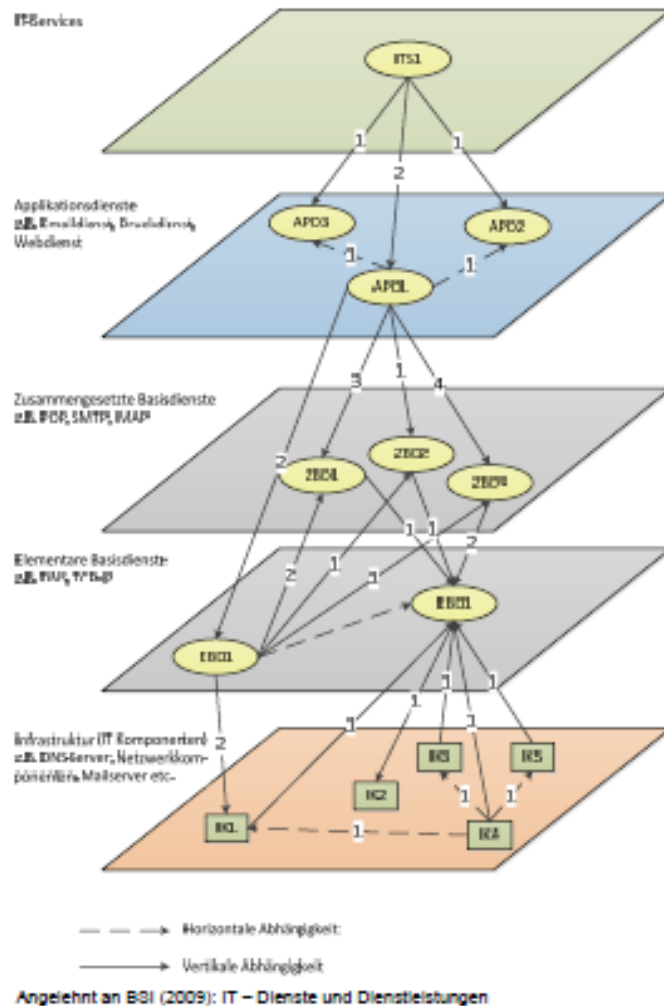
Phasen von Ökobilanzen III

Phase	Wesentliche Inhalte
Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> • Beurteilung der Ergebnisse durch <ul style="list-style-type: none"> • Vollständigkeitsprüfung • Sensitivitätsprüfung • Konsistenzprüfung • Identifizierung der signifikanten Parameter • Schlussfolgerungen, Einschränkungen, Empfehlungen

Funktionelle Einheit und Referenzflüsse am Beispiel einer Pizza



Hierarchisches Modell eines IT-Dienstes als Grundlage zur Ableitung der Referenzflüsse



- IT-Dienstleistungen (Ebene 1)
- Applikationsdienste (z.B. E-maildienste, Druckdienste, Webdienste; Ebene 2).
- Applikationsdienste setzen sich wiederum aus zusammengesetzten Basisdiensten zusammen (Ebene 3, bspw. POP , SMTP etc.)
- Zusammengesetzten Basisdienste beruhen auf sogenannten elementaren Basisdiensten wie DNS oder TCP-IP (Ebene 4)
- Elementare Basisdienste werden schließlich von der Infrastruktur der Rechenzentren bereitgestellt, also DNS- oder Mailserver, Netzwerkkomponenten, Speicher etc. (Ebene 5)

Quelle: Grimm 2012 /ZU Berlin)

Orientierender PCF zu Speicherdiensten Festlegung der funktionellen Einheit

„Betrieb und Nutzung des IT-Dienstes Online- bzw. Offlinespeicher für einen Benutzer über den Zeitraum von 12 Monaten. Pro Nutzer wird ein täglicher Datei-Upload von 1,2 GB und ein Download von 1 GB angenommen.“

Orientierender PCF zu Speicherdiensten IT-Komponenten und Datenquellen (Nutzung)

Ort	Sub-system	IT-Komponente	Datenquelle, -qualität	Onlinespeicher		Offlinespeicher	
				Anzahl	Durchschnittliche Wirkleistung (W)	Anzahl	Durchschnittliche Wirkleistung (W)
Rechenzentrum	Data processing	Server incl. Storage ^d	Fragebogen, Messung	14 3	307 317	entfällt	
	LAN	Managed Switch ^d	Fragebogen, Messung	2	150	entfällt	
		Load balancer ^d	Fragebogen, Messung	2	150	entfällt	
	Gateway	Core Switch ^s	Sekundär Schätzung	2	5300	entfällt	
		Core Router ^s	Sekundär Schätzung	2	3500	entfällt	
Internet	Backbone	Backbone Router ^s	Sekundär Schätzung	2	3500	entfällt	
	Point of Presence	PoP Router ^s	Sekundär Schätzung	1	1300	entfällt	
Kunde	LAN	Home Router ^{a,d}	Simulation, Messung	1	11 / 10	1	11
		Desktop Switch ^{a,d}	Simulation, Messung	1	4 / 3	1	4
	Data processing	LT Workplace ^{m,d}	Simulation, Messung	1	68 / 12 / 2	1	68 / 12 / 2
		NAS ^{a,d}	Simulation, Messung	Entfällt		1	28 / x / 2

Orientierender PCF zu Speicherdiensten IT-Komponenten und Datenquellen (Herstellung)

Ort	Subsystem	IT-Komponente	Datenquellen und Annahmen
Rechenzentrum	Data processing	Server incl. Storage	Angabe des Dienstbieters. Herstellung des Servers nach Stutz et al. 2012, vier zusätzliche Festplatten nach Ecoinvent 3.01
	LAN	Managed Switch	Technische Daten zu Juniper, EX4200-48T-DC 48 Gigabit Ethernet und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
		Load balancer	Technische Daten zu KEMP, LM-2600 Server Load Balancer und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
	Gateway	Core Switch	Technische Daten zu Juniper, EX8208 und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
Core Router		Technische Daten zu Juniper, M320 und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)	
Internet	Backbone	Backbone Router	Technische Daten zu Juniper, MX 480 3D Universal Edge Router und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
	Point of Presence	PoP Router	Technische Daten zu Juniper, ERX 1440 und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
Kunde	LAN	Internet Router	Router nach Ecoinvent 3.01
		Desktop Switch	
	Data processing	LT Workplace	Laptop Arbeitsplatz nach Ecoinvent 3.01
		NAS	Liu und Gröger 2013, zwei zusätzliche Festplatten nach Ecoinvent 3.01

Orientierender PCF zu Speicherdiensten IT-Komponenten und Datenquellen (Herstellung)

Ort	Subsystem	IT-Komponente	Datenquellen und Annahmen
Rechenzentrum	Data processing	Server incl. Storage	Angabe des Dienstbieters. Herstellung des Servers nach Stutz et al. 2012, vier zusätzliche Festplatten nach Ecoinvent 3.01
	LAN	Managed Switch	Technische Daten zu Juniper, EX4200-48T-DC 48 Gigabit Ethernet und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
		Load balancer	Technische Daten zu KEMP, LM-2600 Server Load Balancer und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
	Gateway	Core Switch	Technische Daten zu Juniper, EX8208 und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
Core Router		Technische Daten zu Juniper, M320 und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)	
Internet	Backbone	Backbone Router	Technische Daten zu Juniper, MX 480 3D Universal Edge Router und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
	Point of Presence	PoP Router	Technische Daten zu Juniper, ERX 1440 und eigene Modellannahmen (Tabelle 33)
Kunde	LAN	Internet Router	Router nach Ecoinvent 3.01
		Desktop Switch	
	Data processing	LT Workplace	Laptop Arbeitsplatz nach Ecoinvent 3.01
		NAS	Liu und Gröger 2013, zwei zusätzliche Festplatten nach Ecoinvent 3.01

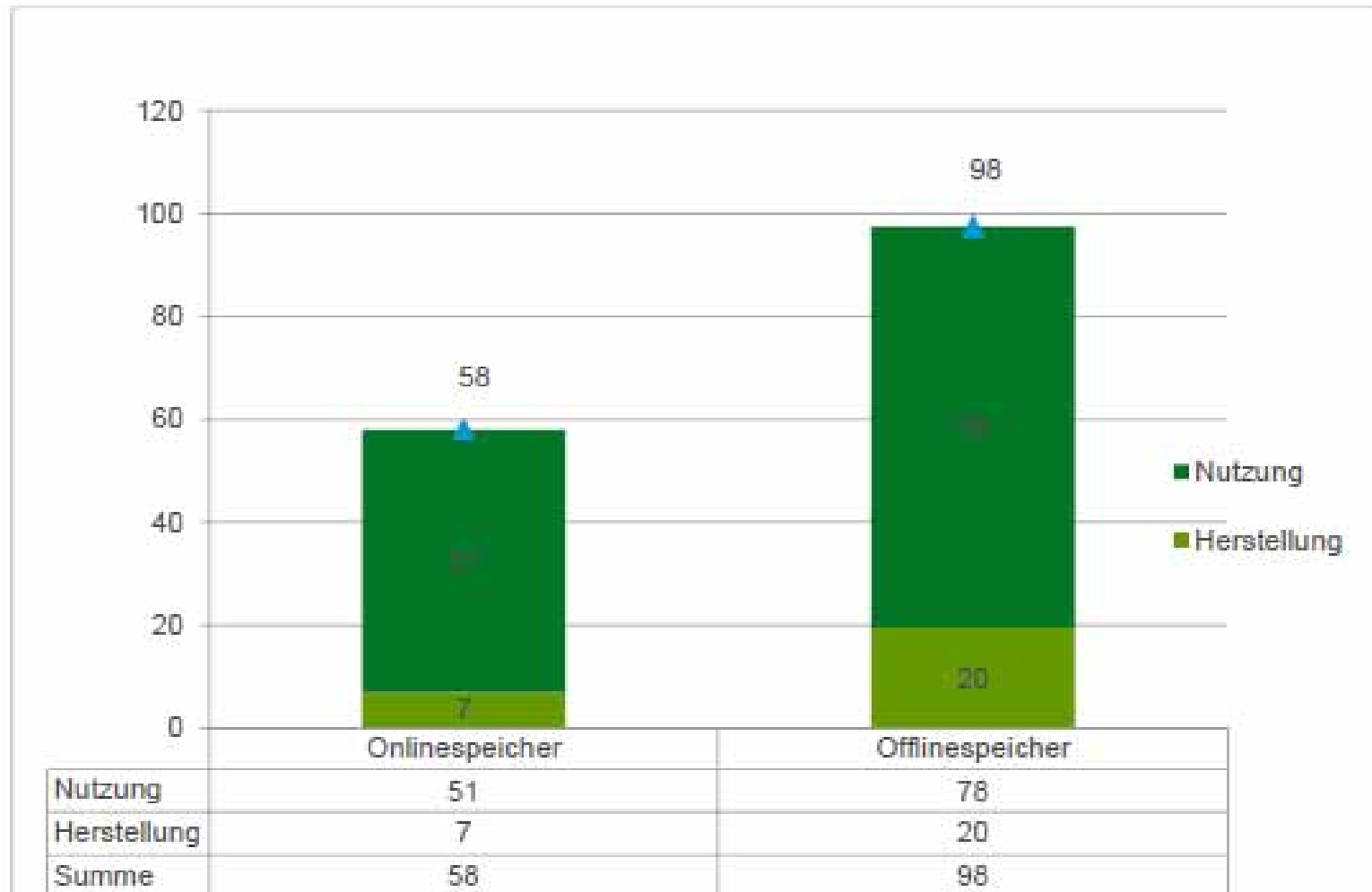
Orientierender PCF zu Speicherdiensten

Anwendung von Allokationsregeln

Ort	Subsystem	Online-Storage	Offline-Storage
Provider-RZ	Server inkl. Storage	Nicht erforderlich, da exklusive Nutzung angenommen	Nicht relevant
	LAN-RZ		Nicht relevant
	Gateway	Allokation nach Performancefaktor	Nicht relevant
	RZ-ASI	Allokation nach Performancefaktor	Nicht relevant
Internet	Backbone	Allokation nach Performancefaktor	Nicht relevant
	PoP	Allokation nach Performancefaktor	Nicht relevant
	Internet-ASI	Allokation nach Performancefaktor	Nicht relevant
Kunde	LAN-Kunde	Allokation nach Verhältnis zwischen der Nutzungszeit für Speicherung und der Gesamtnutzungszeit	
	Laptop-Arbeitsplatz	Allokation nach Verhältnis zwischen der Nutzungszeit für Speicherung und der Gesamtnutzungszeit	
	NAS-System	Nicht relevant	Nicht erforderlich, da exklusive Nutzung angenommen

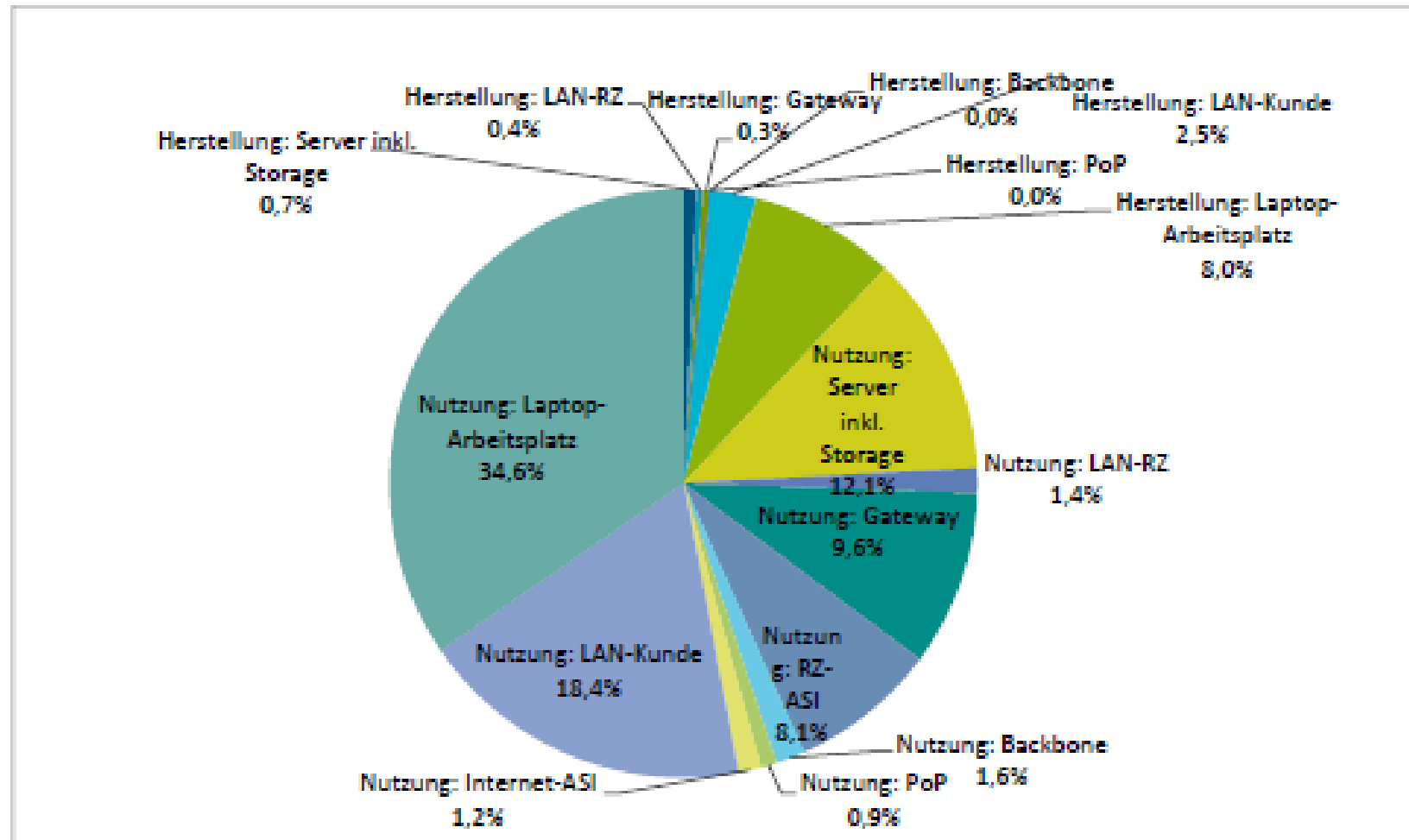
Orientierender PCF zu Speicherdiensten

Ergebnisse - global



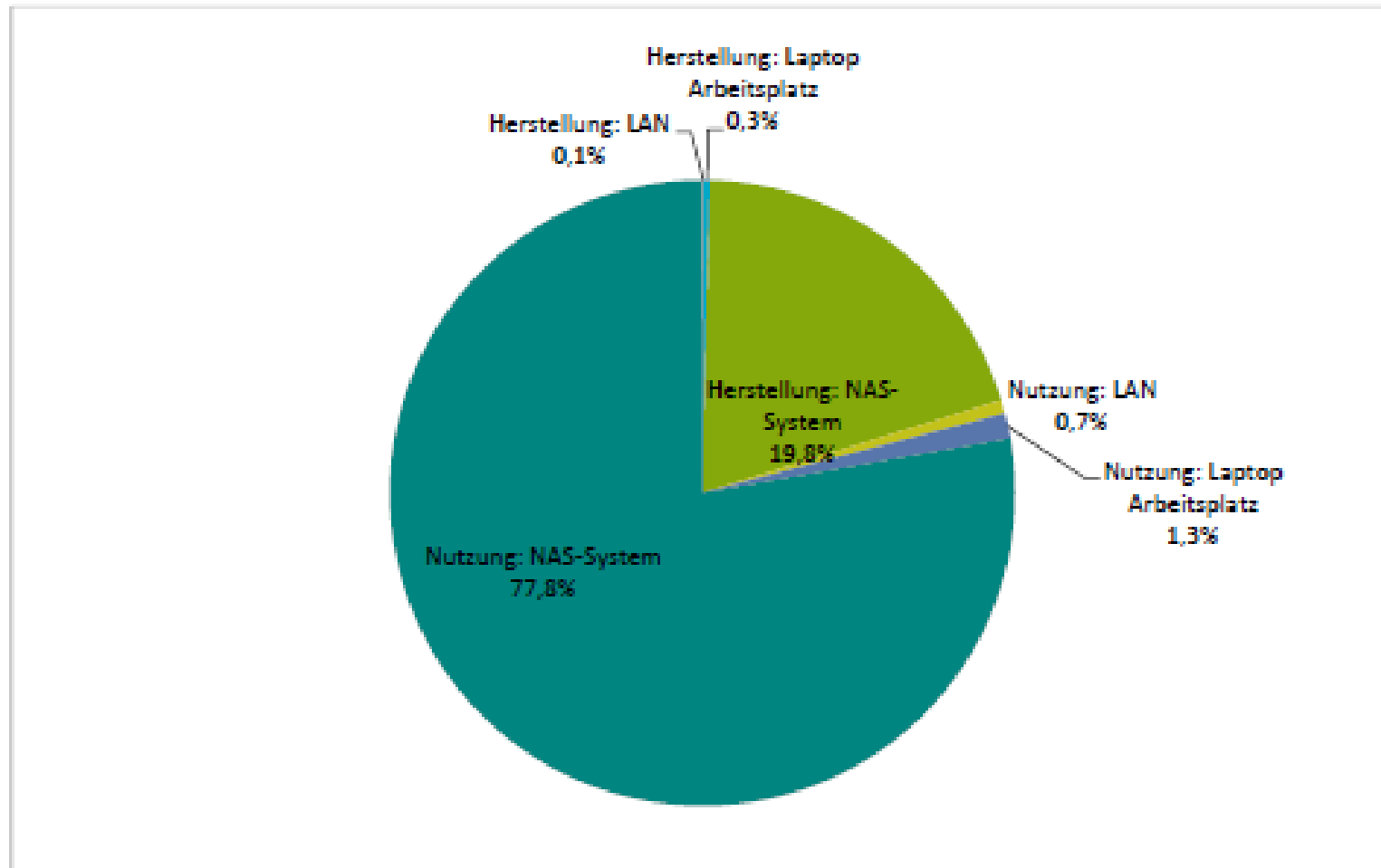
Orientierender PCF zu Speicherdiensten

Beitragsanalyse THG-Emissionen Onlinespeicher



Orientierender PCF zu Speicherdiensten

Beitragsanalyse THG-Emissionen Offlinespeicher



Orientierender PCF zu Speicherdiensten Überblick zu Sensitivitätsanalysen

▶ Sensitivitätsanalyse 1 (nur Onlinespeicher):

Senkung der angenommenen Lebensdauer der IT-Komponenten für das Rechenzentrum und im Internet von 5 Jahren (Basisszenario) auf 2 Jahre.

▶ Sensitivitätsanalyse 2 (nur Offlinespeicher):

Gemeinsame Verwendung des NAS-Geräts durch zwei Nutzer (anstelle durch einen Nutzer im Basisszenario).

▶ Sensitivitätsanalyse 3 (nur Offlinespeicher):

Verwendung eines NAS-Geräts mit zwei Festplatten mit 2 TB Speicherkapazität (anstelle eines NAS-Geräts mit vier Festplatten und 4 TB Speicherkapazität)

Orientierender PCF zu Speicherdiensten Überblick zu Sensitivitätsanalysen

▶ Sensitivitätsanalyse 4 (Online- und Offlinespeicher):

Variation der Emissionsfaktoren für die IT-Geräte beim Endkunden (a) Internetrouter und Desktopswitch mit jeweils 77 kg CO₂e statt 27 kg CO₂e pro Gerät und b) Laptop mit 381 kg CO₂e statt 174 kg CO₂e pro Gerät).

▶ Sensitivitätsanalyse 5 (Online- und Offlinespeicher):

Niedrigeres Datenverkehrsvolumen mit 1 GB pro Tag anstatt 2,2 GB pro Tag im Basisszenario

▶ Sensitivitätsanalyse 6 (Online- und Offlinespeicher):

Höheres Datenverkehrsvolumen mit 5 GB pro Tag anstatt 2,2 GB pro Tag im Basisszenario

Orientierender PCF zu Speicherdiensten Überblick zu Sensitivitätsanalysen

▶ Sensitivitätsanalyse 7 (nur Onlinespeicher):

Erhöhung der Auslastung gemeinsam genutzter
Netzwerkkomponenten von 30% (Basisszenario) auf 50%

▶ Sensitivitätsanalyse 8 (nur Onlinespeicher):

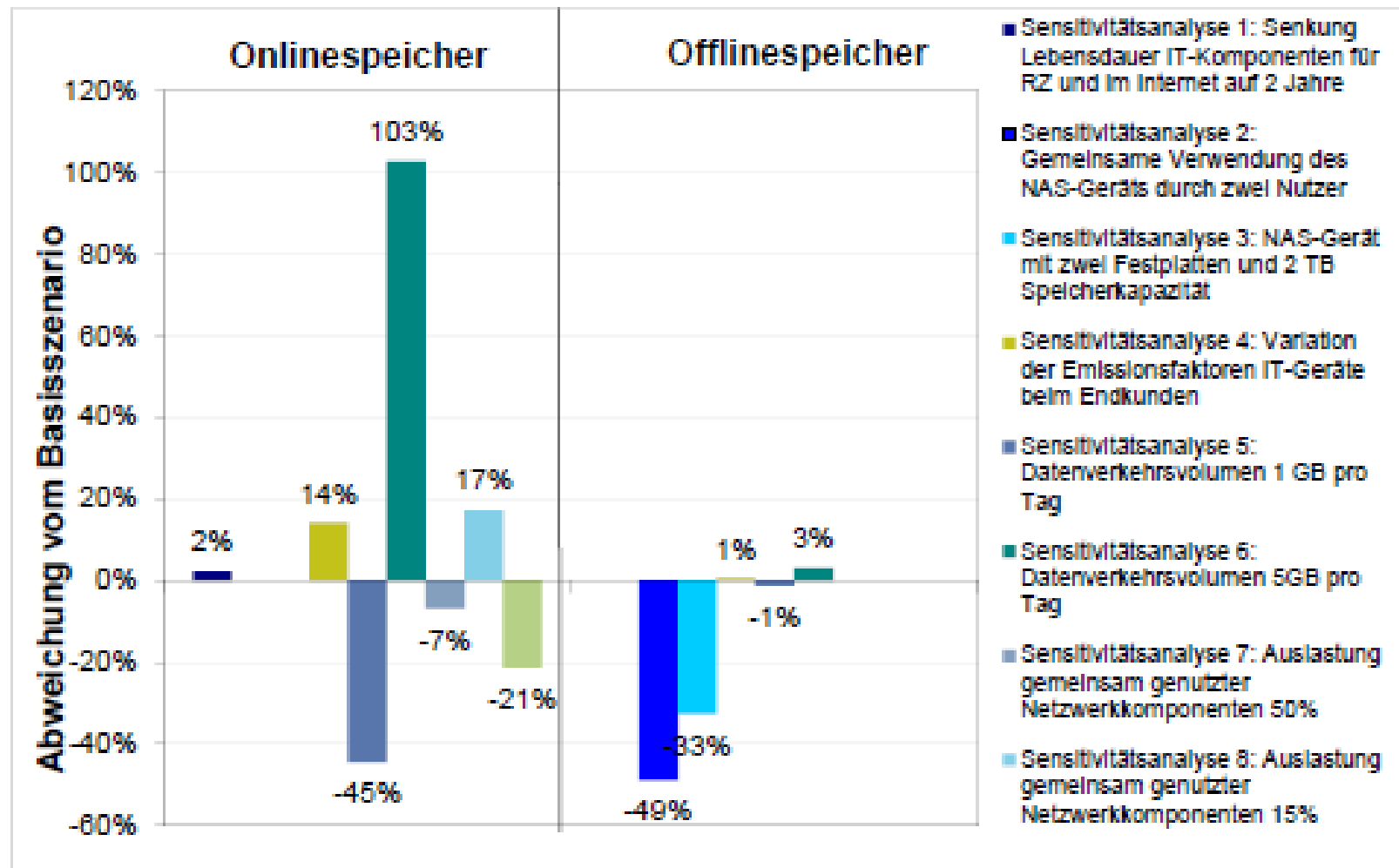
Senkung der Auslastung gemeinsam genutzter
Netzwerkkomponenten von 30% (Basisszenario) auf 15%

▶ Sensitivitätsanalyse 9 (nur Onlinespeicher):

Erhöhung der durchschnittlichen Internetgeschwindigkeit von
2,85 Mbps (upload) / 20,17 Mbps (download) im Basisszenario
auf 4,3 Mbps (upload) / 29,9 Mbps

Orientierender PCF zu Speicherdiensten

Ergebnisüberblick Sensitivitätsanalysen



Zusammenfassung Ergebnisse verschiedener Ökobilanz-Studien zu E-Books

- Ergebnisse vorliegender Ökobilanzstudien weichen stark voneinander ab und sind nicht vergleichbar
- Grobe Faustregel: E-Books schneiden gegenüber gedruckten Büchern umweltseitig dann besser ab, wenn etwa 30 bis 50 E-Books während der Nutzungsdauer eines E-Book-Readers gelesen werden
- Vorliegende Ökobilanzen
 - bilden bezüglich Daten und Annahmen Situation um 2010 ab
 - berücksichtigen nicht die Herstellung des eInk-Displays (!), keine Hintergrundbeleuchtung, keine drahtlose Konnektivität
 - unterstellen (einmaligen) Download des Inhalts, keine Abo-Modelle und keine Aufwendungen der Cloud

Fazit I

- Ökobilanzen basieren auf einem relativen Ansatz: Ressourcenaufwand und potenzielle Umweltauswirkungen werden auf den Nutzen des betrachteten Systems bezogen („Funktionelle Einheit“ – Referenzflüsse)
- Festlegung der funktionellen Einheit abhängig von Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie
 - Endgerätebezogen (zum Beispiel Tablet vs. E-Book-Reader)
 - IT-Dienstleistung (Speicherdienst, E-Book, ...)
 - Rechenzentrum
(Bsp. KPI4DCE – Key Performance Indicators for Data Center Efficiency, dort Diskussion und Festlegung von Nutzenindikatoren für die IT-Leistung)

Fazit II

- Vorsicht vor marketing-orientierten Schnellschüssen: komplexe Realität kann selten zu “A ist besser als B” verdichtet werden
 - Kennzeichen guter Ökobilanzen:
 - Ziel, vorgesehene Anwendungen aber auch nicht intendierte Anwendungen sind gut dokumentiert
 - Transparenz der Datengrundlagen und Annahmen
 - Methodisches Vorgehen beschrieben, insbesondere bei methodischen Wahlmöglichkeiten
 - Wirkungsindikatoren zur Abbildung von Ressourcenaufwand und Umweltauswirkungen
 - Allokationsregeln
 - Empfehlung:
Nutzung von Ökobilanzen zum Erkennen von Stellschrauben und Schwachstellen: Identifizierung von signifikanten Parametern
-

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Carl-Otto Gensch
Bereichsleiter

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg

Telefon: +49 761 45295-241
E-Mail: c.gensch@oeko.de