



Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft

Bearbeitungsnummer I D 4 – 02 08 15 – 43/08

Abschlussbericht
an das
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
(Fraunhofer IZM)

in Kooperation mit

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
(Fraunhofer ISI)

Berlin, Karlsruhe, März 2009

Autoren:

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (Fraunhofer IZM)

Abt. Environmental Engineering
Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin
Web: www.izm.fraunhofer.de

Dr. Lutz Stobbe (Projektleitung und Ansprechpartner)

Telefon: 030/46403-130, Fax: 030/46403-131
E-Mail: lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Nils F. Nissen
E-Mail: nils.nissen@izm.fraunhofer.de

Marina Proske
E-Mail: marina.proske@izm.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Andreas Middendorf (Technische Universität Berlin)
E-Mail: andreas.middendorf@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)

Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe
Web: www.isi.fraunhofer.de

Dipl.-Volksw. Barbara Schlomann (Ansprechpartnerin)

Telefon: 0721/6809-136, Fax 0721/809-272
E-Mail: barbara.schlomann@isi.fraunhofer.de

Dr. Michael Friedewald
E-Mail: michael.friedewald@isi.fraunhofer.de

Dipl.-Volksw. Peter Georgieff
E-Mail: peter.georgieff@isi.fraunhofer.de

Timo Leimbach, M.A.
E-Mail: timo.leimbach@isi.fraunhofer.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Bestandsaufnahme	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Methodik	2
1.3 Abgrenzung des Untersuchungsbereiches	4
1.4 Stromverbrauch für IKT im Referenzjahr 2007.....	5
2 Trendanalyse	17
2.1 Einführung.....	17
2.2 Datenverkehr und Netze	20
2.2.1 # 01: Zunahme netzwerkfähiger Produkte durch IPv6	20
2.2.2 # 02: Zunahme des jährlich Datenverkehrs um 50%	22
2.2.3 # 03: Haushalte bestimmen 75% des Datenverkehrs	25
2.2.4 # 04: Triple Play Datenverkehr benötigt Next Generation Networks	27
2.3 Anwendungen und Inhalte	31
2.3.1 # 05: IP-Video aller Art.....	31
2.3.2 # 06: Digitales Fernsehen und IPTV	35
2.3.3 # 07: IP-basierte Sprach- und Videokommunikation	37
2.3.4 # 08: Interaktive und individualisierte Internetnutzung	38
2.3.5 # 09: Flatrate oder neue Kostenmodelle	40
2.4 Server und Computing-Konzepte.....	41
2.4.1 # 10: Optimierung von Rechen- und Speicherkapazität.....	41
2.4.2 # 11: Klassenwechsel bei Rechenzentren	43
2.4.3 # 12: Thin Clients	44
2.4.4 # 13: Cloud Computing	47
2.5 Komponenten und Endgeräte	48
2.5.1 # 14: High Definition Video und TV	48

2.5.2	# 15: Große Flachbildschirme	50
2.5.3	# 16: Funktionale Systemintegration	53
2.5.4	# 17: Stromsparende Elektronikkomponenten	55
2.5.5	# 18: Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG).....	58
2.6	Zusammenfassung der Trends	62
3	Prognose.....	66
3.1	Einführung.....	66
3.2	Basisprognose bis 2020	66
3.2.1	Entwicklung des Gesamtstromverbrauchs der IKT.....	66
3.2.2	Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in privaten Haushalten	70
3.2.3	Stromverbrauch der IKT-Endgeräte in Unternehmen	79
3.2.4	Stromverbrauch Server und Rechenzentren	83
3.2.5	Stromverbrauch für Netzzugang und Kernnetze	86
3.3	Green IT-Szenario bis 2020	87
3.4	Zwischenfazit	91
4	Handlungsempfehlungen	95
4.1	Green IT: Handlungsoptionen und Themenkomplexe	95
4.2	Green Networks: Systemlösungen für leistungsfähige und energieeffiziente Zugangs- und Transportnetze	97
4.3	Green Computing: Systemlösungen für leistungsfähige und ökoeffiziente Server und Rechenzentren	98
4.4	Green Components: Applikation von bester verfügbarer Hardware und Software für Systemoptimierung	100
4.5	Green Information: Energieeffizienzmessung, Benchmarks und Informationsbereitstellung	101
5	Abkürzungsverzeichnis.....	105

6	Literatur	108
7	Anhang: Datensammlung.....	114
7.1	Detaillierte Datenquellen und Annahmen für die Bestandsaufnahme des Stromverbrauchs für IKT im Jahr 2007 und die Basisprognose bis 2020	114
7.1.1	IKT-Endgeräte in Haushalten	116
7.1.2	IKT-Endgeräte in Unternehmen (inkl. Behörden / öffentliche Verwaltung).....	132
7.1.3	Server und Rechenzentren	139
7.1.4	Netzzugang und Kernnetz.....	144
7.2	Green IT-Szenario für 2010, 2015 und 2020.....	152
7.2.1	IKT-Endgeräte in Haushalten	152
7.2.2	IKT-Endgeräte in Unternehmen	156
7.2.3	Server und Rechenzentren	158
7.2.4	Netzzugang und Kernnetz.....	161

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1:	Informations- und Kommunikationstechnik im Überblick..... 1
Abbildung 2:	Definition der Betriebszustände in der EuP-Vorstudie zu Standby (Lot 6)..... 3
Abbildung 3:	Strukturelle Gliederung der Bestandsaufnahme..... 3
Abbildung 4:	Berechnungsmodell für die Bestandsaufnahme und Prognose des Stromverbrauchs für IKT 4
Abbildung 5:	Stromverbrauch für IKT in Haushalten 2007 nach Gerätearten 7
Abbildung 6:	Stromverbrauch für IKT in Haushalten 2007 nach Betriebszuständen..... 7
Abbildung 7:	Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007 9
Abbildung 8:	Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007 nach Betriebszuständen 9
Abbildung 9:	Struktur des Serverbestands in Unternehmen im Jahr 2007 (Gesamtbestand: 1,686 Mio.)..... 10
Abbildung 10:	Aufteilung des Stromverbrauchs für Server und Rechenzentren im Jahr 2007 11
Abbildung 11:	Heterogene Netzwerkstruktur mit Komponenten..... 12
Abbildung 12:	Stromverbrauch für IKT im Jahr 2007 nach Sektoren 15
Abbildung 13:	Vergleich der Ergebnisse der Bestandsaufnahme für 2007 ("2007 neu") mit den Ergebnissen früherer Studien zum Energiebedarf für IKT in Deutschland (Quellen: Fraunhofer ISI/Cepe 2003, Fraunhofer ISI/FfE/TU Dresden 2005; aktuelle Berechnungen Fraunhofer IZM/ISI) 16
Abbildung 14:	Ebenen der Trendanalyse 18
Abbildung 15:	All-IP-basierte nahtlose Kommunikation..... 20
Abbildung 16:	Anteil Westeuropas am IP-Verkehr 2006-2012 (nach Cisco 2008) 23
Abbildung 17:	Weltweiter IP-Verkehr nach Segmenten 2006-2012 (nach Cisco 2008) 25

Abbildung 18	Maximale Übertragungsraten einzelner Netzzugangsplattformen.....	30
Abbildung 19:	Westeuropa IP-Verkehr nach Segmenten 2006-2012 (nach Cisco 2008).....	32
Abbildung 20:	Drei Wellen von IP-Video (nach Cisco 2008)	34
Abbildung 21:	Klassenwechsel zu mehr Redundanz.....	44
Abbildung 22:	Full HD Evolution	49
Abbildung 23:	Marktentwicklung und Stromverbrauch von TV-Geräten	52
Abbildung 24:	Produktkonfigurationen am Beispiel Fernseher	54
Abbildung 25:	Moore'sche Gesetz	58
Abbildung 26:	Basisprognose des Stromverbrauchs der IKT – Entwicklung des Stromverbrauchs in den einzelnen Sektoren	67
Abbildung 27:	Basisprognose des Stromverbrauchs der IKT – Anteilsveränderungen der Sektoren	68
Abbildung 28	Basisprognose des Stromverbrauchs für IKT-Endgeräte in Haushalten und Unternehmen nach Betriebszuständen	69
Abbildung 29:	Basisprognose des IKT-bedingten Stromverbrauchs in Deutschland bis 2020 nach Hauptanwendungen	69
Abbildung 30:	Erwartete Entwicklung des Bestands an IKT-Endgeräten in privaten Haushalten zwischen 2007 und 2020	71
Abbildung 31:	Stromverbrauch von TV-Geräten und Peripherie in Deutschland bis 2020 – Basisprognose	72
Abbildung 32:	Vergleich des Stromverbrauchs von Fernsehgeräten im Jahr 2020 nach verschiedenen Szenarien	75
Abbildung 33:	Stromverbrauch von PCs und Peripherie in deutschen Haushalten bis 2020 – Basisszenario.....	76
Abbildung 34:	Stromverbrauch von PC+ in deutschen Haushalten bis 2020 nach dem "Thin Client"-Szenario.....	78
Abbildung 35:	Stromverbrauch der sonstigen Produktgruppen in Haushalten im Basisszenario 2007-2020	79
Abbildung 36:	Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen im Basisszenario 2007 bis 2020 nach Gerätegruppen.....	80

Abbildung 37:	Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen im Basisszenario 2007 bis 2020 nach Betriebszuständen	82
Abbildung 38:	Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen insgesamt und in öffentlichen Einrichtungen im Basisszenario 2007 bis 2020	83
Abbildung 39:	Basisprognose zum Strombedarf der Server und Rechenzentren in Deutschland bis 2020.....	84
Abbildung 40:	Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen insgesamt und in öffentlichen Einrichtungen im Basisszenario 2007 bis 2020	86
Abbildung 41:	Stromverbrauch für Mobilfunk und Festnetz im Basisszenario 2007 bis 2020	87
Abbildung 42:	Basisprognose und Green IT Szenario im Vergleich.....	90
Abbildung 43:	Entwicklung des Stromverbrauchs im Basisszenario und im Green IT-Szenario 2007-2020 nach Bereichen.....	90
Abbildung 44:	METI Prognose des IKT-Stromverbrauchs in Japan [METI 2008]	92
Abbildung 45:	Ergebnisse im Überblick.....	94
Abbildung 46:	Themenkomplexe für Green IT.....	96
Abbildung 47:	Heterogene Netzwerkstruktur mit Komponenten.....	146

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1:	Stromverbrauch für IKT in Deutschland im Jahr 2007 nach Sektoren, Geräteklassen und Betriebszuständen 14
Tabelle 2:	Struktur der Trendanalyse 19
Tabelle 3:	Weltweiter IP-Verkehr 2006--2012 (nach Cisco 2008) 24
Tabelle 4:	Westeuropa IP-Verkehr 2006-2012 (nach Cisco 2008) 33
Tabelle 5:	TV-Empfang in deutschen Haushalten 35
Tabelle 6:	Typische Bildschirmgröße und Leistungsaufnahme von Fernsehern 51
Tabelle 7:	Status der EuP Vorbereitungsstudien 61
Tabelle 8:	Zusatzszenarien für Fernseher 74
Tabelle 9:	"Thin Client"-Szenario in Haushalten 77
Tabelle 10:	Verteilung der Server-Größenklassen von 2007 bis 2020 85
Tabelle 11:	Zusammenfassender Überblick über die Ergebnisse der Bestandsaufnahme für 2007 und der Prognose für das Jahr 2020 nach Szenarien, Sektoren und Betriebszuständen 91
Tabelle 12:	Strombedarf für alle IKT-Anwendungen in Deutschland im Jahr 2007 und Basisprognose bis 2020 115
Tabelle 13:	IKT-Endgeräte in deutschen Haushalten, Bestand für 2007 und Prognosen für 2010, 2015 und 2020 117
Tabelle 14:	Computer – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007 118
Tabelle 15:	Mobile Endgeräte – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007 118
Tabelle 16:	Television und Peripherie – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007 119
Tabelle 17:	Verteilung der TV-Größenklassen von 2007 – 2020 120
Tabelle 18:	Audio-Geräte – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007 121

Tabelle 19:	Telefonie – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007.....	121
Tabelle 20:	Nutzungsmuster von IKT-Endgeräten in Haushalten bis 2020	123
Tabelle 21:	Computer – Quellen und Annahmen zur Nutzung.....	124
Tabelle 22:	Mobile Endgeräte – Quellen und Annahmen zur Nutzung	125
Tabelle 23:	Television und Peripherie – Quellen und Annahmen zur Nutzung	125
Tabelle 24:	Audio-Geräte – Quellen und Annahmen zur Nutzung.....	126
Tabelle 25:	Telefonie – Quellen und Annahmen zur Nutzung.....	126
Tabelle 26:	Leistungsaufnahme von IKT-Endgeräte in Haushalten bis 2020	127
Tabelle 27:	Computer – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme	128
Tabelle 28:	Mobile Endgeräte – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme	129
Tabelle 29:	Television und Peripherie – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme	129
Tabelle 30:	Audio-Geräte – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme	130
Tabelle 31:	Telefonie – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme	130
Tabelle 32:	Gesamter Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in privaten Haushalten in Deutschland 2007 bis 2020.....	131
Tabelle 33:	Stromverbrauch der IKT-Endgeräte in privaten Haushalten 2007 nach den verschiedenen Betriebszuständen (Modes)	132
Tabelle 34:	Bestand an IKT-Endgeräten in Unternehmen bis 2020.....	133
Tabelle 35:	Endgeräte in Unternehmen (Computer, Peripherie und Telefone) – Quellen und Annahmen zum Bestand.....	134
Tabelle 36:	Nutzungsmuster der IKT-Endgeräte in Unternehmen bis 2020	135
Tabelle 37:	IKT-Endgeräte in Unternehmen (Computer, Peripherie und Telefone) – Quellen und Annahmen zur Nutzung	136

Tabelle 38:	Leistungsaufnahme von IKT-Endgeräten in Unternehmen bis 2020	137
Tabelle 39:	Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen in Deutschland 2007 bis 2020	138
Tabelle 40:	Bestand an IKT-Endgeräten und IKT-bedingter Stromverbrauch in öffentlichen Unternehmen (WZ-Abschnitt L) 2007 bis 2020	139
Tabelle 41:	Gerätebestand der Server und RZ-Infrastruktur bis 2020.....	140
Tabelle 42:	Server und Rechenzentren – Quellen und Annahmen zum Bestand.....	140
Tabelle 43:	Verteilung der Server-Größenklassen von 2007 bis 2020	141
Tabelle 44:	Leistungsaufnahme von Servern bis 2020	142
Tabelle 45:	Stromverbrauch der Server und der RZ-Infrastruktur bis 2020	143
Tabelle 46:	Bestand und Stromverbrauch von Servern und RZ-Infrastruktur in öffentlichen Unternehmen (WZ-Abschnitt L) 2007 – 2020	144
Tabelle 47:	Gerätebestand der Netzwerkkomponenten im Bereich Mobilfunk bis 2020	145
Tabelle 48:	Funkanlagenstandort bundesweit im Dezember 2007 (nach Bundesnetzagentur)	147
Tabelle 49:	Kalkulation der Anzahl an Mobilfunkanlagen	147
Tabelle 50:	Kalkulation der BTS-Bestände nach Betreibern	148
Tabelle 51:	Leistungsaufnahme der Netzwerkkomponenten im Bereich Mobilfunk bis 2020	150
Tabelle 52:	Stromverbrauch der Netzwerkkomponenten im Bereich Mobilfunk	152
Tabelle 53:	Leistungsaufnahme der IKT-Endgeräte in Haushalten bis 2020 – Green IT-Szenario	154
Tabelle 54:	Gesamter Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in privaten Haushalten – Green IT-Szenario	155
Tabelle 55:	Leistungsaufnahme von IKT-Endgeräten in Unternehmen – Green IT-Szenario	157

Tabelle 56:	Gesamter Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in Unternehmen in Deutschland – Green IT-Szenario	158
Tabelle 57:	Gesamter Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in öffentlichen Unternehmen (WZ-Abschnitt L) in Deutschland – Green IT-Szenario	158
Tabelle 58:	Leistungsaufnahme von Servern – Green IT-Szenario	160
Tabelle 59:	Gesamter Stromverbrauch von Servern und Rechenzentren in Deutschland – Green IT-Szenario	161
Tabelle 60:	Bestand und Stromverbrauch von Servern und RZ-Infrastruktur in öffentlichen Unternehmen in Deutschland – Green IT-Szenario	161
Tabelle 61:	Leistungsaufnahme von Netzwerk-Komponenten – Green IT-Szenario	163
Tabelle 62:	Gesamter Stromverbrauch von Netzwerkkomponenten im Bereich Mobilfunk und Festnetz – Green IT-Szenario	164

1 Bestandsaufnahme

1.1 Einführung

Gegenstand der Bestandsaufnahme ist der Stromverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in Deutschland im Referenzjahr 2007. Zunächst wird IKT im Kontext von Funktionalität und realer Märkte definiert, um im Anschluss Strukturen und Parameter zu identifizieren, die eine Erhebung von Daten und damit des Stromverbrauchs gestatten.

Der Begriff IKT entstand im Kontext der Digitalisierung von Telekommunikation (TK) und Rechentechnik (IT). In der Realität gibt es jedoch aufgrund der Schnellebigkeit der Technik- und Marktentwicklung kaum noch klare Grenzen. So nimmt einerseits das Gerätespektrum zu und vermischt sich andererseits aufgrund einer wachsenden Konvergenz von Funktionalitäten und Diensten. Unter dem Stichwort „Triple Play“ vermischen sich heute Sprach-, Bild- und Datenkommunikation. Technisch wird dies durch die Digitalisierung der Information auf Basis der zunehmenden Miniaturisierung von elektronischen, optischen und mechanischen Systemen möglich. Einen ersten Überblick der zu erfassenden Produkte und Sektoren liefert Abbildung 1.

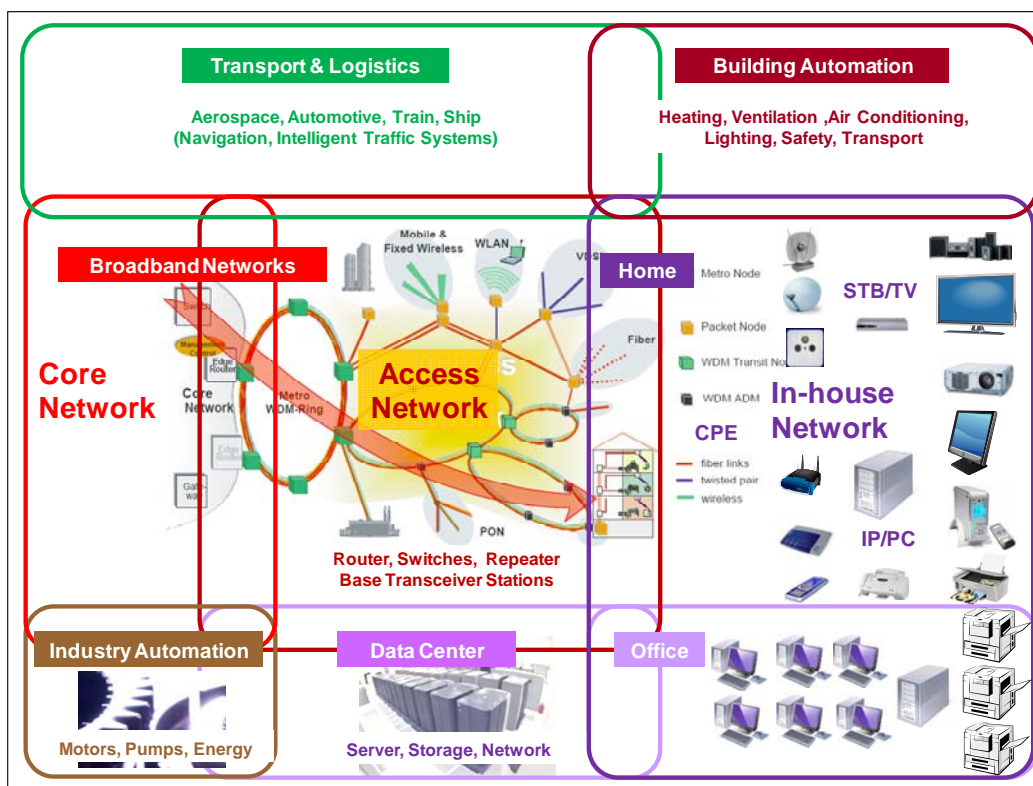


Abbildung 1: Informations- und Kommunikationstechnik im Überblick

1.2 Methodik

Im Folgenden werden IKT-Strukturen für die Bestandsaufnahme hergeleitet. Grundsätzlich ermöglicht die IKT folgende Funktionalitäten:

- Datenerfassung (u.a. Sensoren, Scanner)
- Datenverarbeitung (u.a. Prozessor, Mikrokontroller)
- Datenspeicherung (u.a. Festplatte, Halbleiterspeicher)
- Datenübertragung (u.a. Kabel, Funk)
- Datenausgabe (u.a. Display, Lautsprecher)

Dieses Spektrum an Funktionalität wird auf drei Ebenen gestaltet:

- Basis-Technologien (LCD, LED, BluRay, VDSL, UMTS, WiMax)
- Hardware- & Software-Produkte (Komponenten, Geräte, Anlagen)
- Inhalte & digitale Medien (Sprache, Bild/Video, Daten)

Zur Bestimmung des IKT-bedingten Stromverbrauches sind des Weiteren folgende Parameter zu berücksichtigen:

- Geräte und Anlagen für die eine spezifische Leistungsaufnahme gemessen werden kann. Zu berücksichtigen sind in diesem Zusammenhang:
 - Leistungsaufnahme des Gerätes in spezifischen Betriebszuständen (An bzw. Active mode), Standby (darunter: Netzwerk-Standby, passives Standby), Aus (darunter auch Schein-Aus); zur Definition der Betriebszustände siehe Abbildung 2
 - Funktionalität der Geräte (Mono vs. Farbe, SD vs. Full HD)
 - Das Datenvolumen spezifischer Anwendungen bzw. Inhalte (VoIP, VoD, IPTV-Streaming, etc.)
 - Die Software-Ausstattung eines Systems (Betriebssystem, Internet-Browser, etc.)
- Nutzungsmuster bzw. Nutzungsintensität
 - Zeitdauer und saisonale Bedingen (Jahr, Monat, Tag, etc.)
 - Anwendungsfeld und räumliche Bedingungen (Haushalt, Büro, Industrie, städtisch bzw. ländlicher Raum, etc.)
 - Nutzergeneration (Alter, soziales Umfeld, Digital Divide, etc.)
- Test Standards, die eine Vergleichbarkeit (Benchmarks) von Produkten zulassen, dies umfasst:
 - Klare Definition von Produkten oder Produktgruppen
 - Methoden und Verfahren der Strommessung
 - Voreinstellung der Geräte

Lot 6 Modes	Active Modes	Transition to standby and off-mode	Lot 6 standby (Passive or Networked)	Off-Mode losses	Off-Mode 0 Watt	Disconnected
Functions	At least one main function continuously on / active Time limited function cycle, programmable job	One or more main functions are off (typical energy save or ready modes) Active Network Download	Reactivation Function: Remote Control, Sensor, Timer, Switches Continuity Function: Display, Memory, Safety Network (→Networked standby) Wake-up and status only	No function (except reactivation switch)		

Abbildung 2: Definition der Betriebszustände in der EuP-Vorstudie zu Standby (Lot 6)

Vor diesem Hintergrund wurde für die Ermittlung des Stromverbrauchs für IKT in Deutschland für diese Studie eine sektorale Abgrenzung mit folgender Struktur gewählt:

- IKT-Endgeräte in Haushalten
- IKT-Endgeräte in privaten Unternehmen und Behörden/öffentliche Verwaltung
- Server und Rechenzentren
- Netzzugang und Kernnetze

Dieser sektoralen Struktur gliedern sich spezifische Produktgruppen wie u.a. Personal Computer (PCs), Monitore und Fernsehgeräte unter. Die nachstehende Abbildung 3 zeigt die Struktur der Bestandsaufnahme und ihrer überlappenden Elemente in grafischer Darstellung.

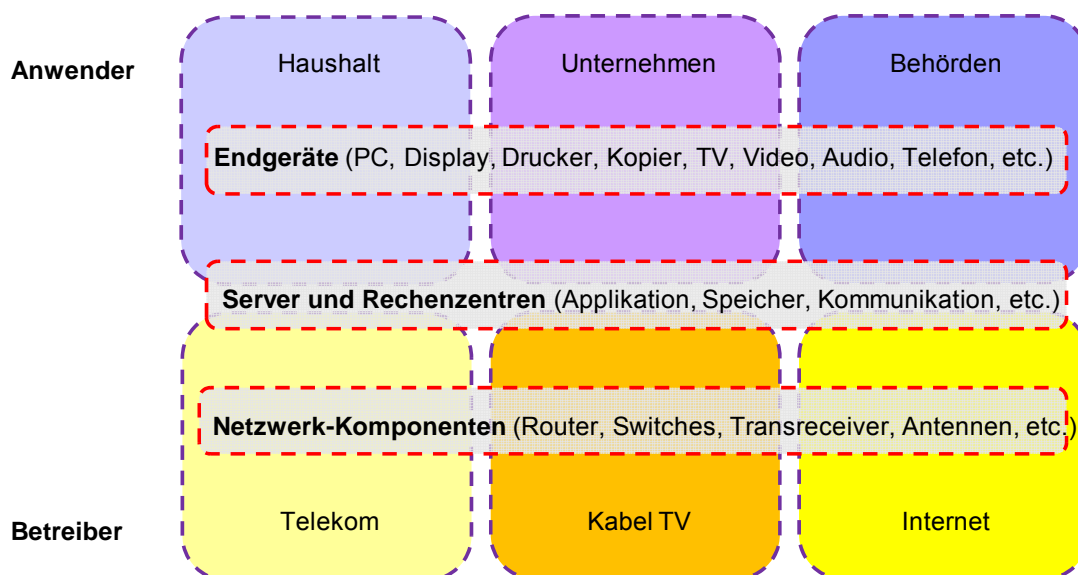


Abbildung 3: Strukturelle Gliederung der Bestandsaufnahme

Die Bestandsaufnahme bezieht sich auf die IKT-Ausstattung und Nutzung in Deutschland im Referenzjahr 2007. Hierfür werden folgende Parameter erfasst bzw. abgeschätzt:

- Gerätebestand pro Produktgruppe (in 1.000 Stück)
- Durchschnittliche Leistungsaufnahme in den verschiedenen Betriebsmodi (in Watt)
- Nutzungsmuster (in Stunden pro Tag)
- Kumulierter Stromverbrauch in 2007 (in TWh/a)

Dieses grundsätzliche Berechnungsmodell (Abbildung 4) wird auch für die Prognose des IKT-bedingten Strombedarfs beibehalten, deren Ergebnisse in Kapitel 3 erläutert werden. Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme für das Jahr 2007 werden im Abschnitt 1.4 vorgestellt.

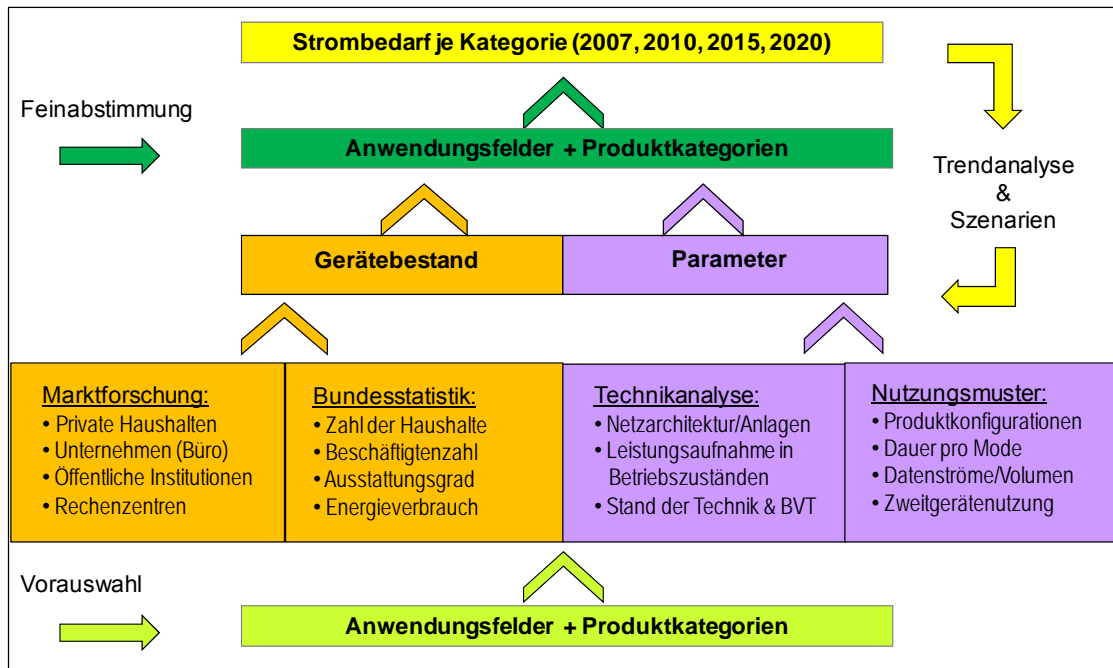


Abbildung 4: Berechnungsmodell für die Bestandsaufnahme und Prognose des Stromverbrauchs für IKT

1.3 Abgrenzung des Untersuchungsbereiches

Informations- und Kommunikationstechnik wird heute universell eingesetzt und ist nicht auf die oben genannten Anwendungsfelder begrenzt. IKT ist seit langer Zeit fester Bestandteil der Steuerungs- und Regelungstechnik. Damit werden insbesondere im Bereich der Gebäudeautomatisierung, dem Fahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbau sowie in Transport und Logistik intelligente Systeme geschaffen, die effektiver, sicherer

und energiesparender eine Vielzahl von Funktionen erfüllen können. IKT ist darüber hinaus ein Innovationstreiber in der Medizintechnik und anderen forschungsintensiven Branchen wie der Chemie- und Pharmaindustrie. Es sind diese Industrien, die einen traditionellen Standort in Deutschland haben und für die Green IT eine hohe Bedeutung besitzt. In der vorliegenden Studie wird dieser gesamte Bereich ausgeklammert. Hintergrund dieser Entscheidung ist die noch geringe Transparenz der IKT in diesen Branchen. Eine Wirkungsanalyse würde eine komplexe Datenerhebung notwendig machen, die im Rahmen dieser Studie nicht geplant war.¹

1.4 Stromverbrauch für IKT im Referenzjahr 2007

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der Bestandsaufnahme des IKT-bedingten Stromverbrauchs im Referenzjahr 2007 für die vier hier unterschiedenen Sektoren kurz dargestellt. Alle in das Berechnungsmodell eingegangenen Daten und Annahmen zum Bestand, zur Leistungsaufnahme und zu den Nutzungszeiten sowie der daraus resultierende Strombedarf in den drei hier unterschiedenen Betriebszuständen werden im Anhang (Kapitel 7.1) ausführlich beschrieben.

IKT-Endgeräte in privaten Haushalten

Grundlage für die Ermittlung des Bestands an IKT-Endgeräten in privaten Haushalten im Jahr 2007 waren Daten zur Haushaltsausstattung mit diesen Geräten aus amtlichen Statistiken (Erhebung des Statistisches Bundesamtes zur Nutzung von IKT-Technologien in privaten Haushalten), Statistiken von Unternehmens- und Branchenverbänden (insbesondere BITKOM) sowie aus der Markt- und Meinungsforschung (ACTA, Media-Analyse, Typologie der Wünsche Intermedia). Der Gerätebestand wurde mittels der Zahl der privaten Haushalte hochgerechnet (2007: 39,7 Mio.).

Die derzeitigen Nutzungsmuster für IKT-Geräte in den Haushalten wurden auf Grundlage der Annahmen der EuP-Vorstudien zu den entsprechenden Geräten (Lot 3 bis Lot 7)² ermittelt, teilweise ergänzt durch eigene Annahmen. Für Fernseher wurde für Deutschland in Anlehnung an Reitze/Ridder (2006) im Normalbetrieb eine unter dem europäischen Durchschnitt liegende tägliche Nutzungsdauer von 3,5 Stunden im Jahr 2007 angenommen.

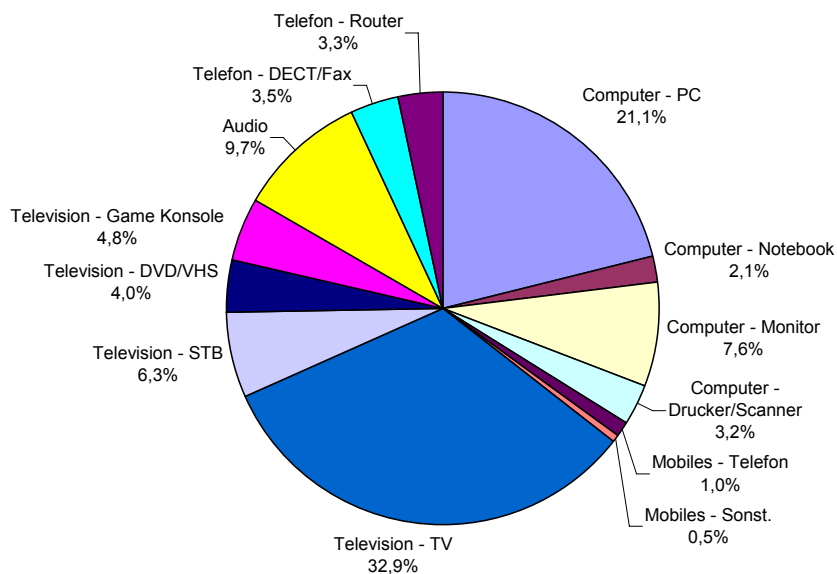
¹ Weiterführende Lektüre zum Themenkomplex der industrielle IKT-Anwendungen für Energieeffizienz bietet die Studie „Impacts of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency“ [BioIS 2008].

² Lot 3: PCs; Lot 4: Imaging Equipment; Lot 5: Television; Lot 6: Standby; Lot 7: Ladegeräte

Die jeweiligen Leistungsaufnahmen im heutigen IKT-Gerätebestand in den verschiedenen Betriebszuständen basieren ebenfalls weitgehend auf den Annahmen in den entsprechenden EuP-Vorstudien, die durch eigene Annahmen ergänzt wurden.

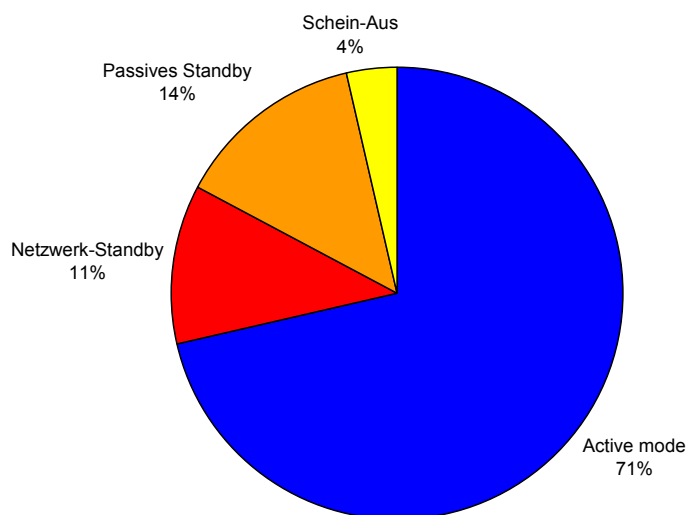
Aus den Gerätebeständen sowie den Annahmen zu Leistungsaufnahmen und täglichen Nutzungsdauern der einzelnen Produktgruppen wurde dann der durch IKT-Endgeräte in Haushalten verursachte Stromverbrauch im Basisjahr 2007 berechnet. Dabei wurde von einer Nutzung der Geräte an 365 d/a ausgegangen. Insgesamt liegt der durch IKT-Endgeräte bedingte Stromverbrauch der privaten Haushalte im Jahr 2007 bei 33 TWh. Dies entspricht einem Anteil von 23% am gesamten Haushalts-Stromverbrauch in Deutschland (2007: 141 TWh; AGE B 2008). Allein ein Drittel des Stromverbrauchs für IKT in den privaten Haushalten entfällt dabei auf die Fernseher (10,9 TWh), ein weiteres Drittel auf die Computer (inkl. Peripheriegeräte). Mit jeweils einem Anteil von rund 3,5% liegt der Stromverbrauch für Router in Haushalten im Jahr 2007 bereits in der gleichen Größenordnung wie der für Schnurlos-Telefone und Faxgeräte (Abbildung 5). Mobile Endgeräte wie Handys, Smart Phones und Digitalkameras haben nur eine geringe Bedeutung für den Stromverbrauch, da mit stetiger Miniaturisierung der Elektronik auch die Energieeffizienz deutlich verbessert wurde. Der Wirkungsgrad von Ladegeräten und Akkus kann aber noch weiter optimiert werden. Negativ zu bewerten ist allerdings die relative Kurzlebigkeit vieler dieser Produkte, welche einen hohen Ressourcenbedarf bewirken.

Nach Betriebszuständen entfällt rund 70% des IKT-Stromverbrauchs der Haushalte auf die Gerätenutzung im Normalbetrieb (Active mode) und rund 30% (9,5 TWh) auf den Standby-Modus (Abbildung 6). Dabei liegen das passive und das Netzwerk-Standby in ähnlicher Größenordnung.



Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in privaten Haushalten 2007: 33 TWh

Abbildung 5: Stromverbrauch für IKT in Haushalten 2007 nach Gerätearten



Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in privaten Haushalten 2007: 33 TWh

Abbildung 6: Stromverbrauch für IKT in Haushalten 2007 nach Betriebszuständen

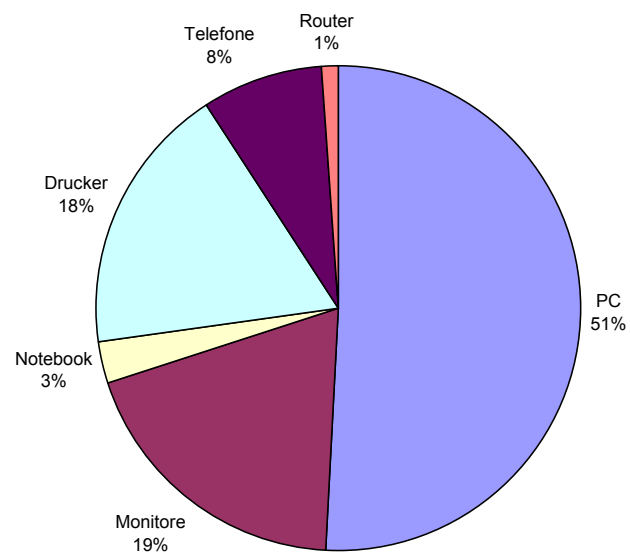
IKT-Endgeräte in Unternehmen

Für die Ermittlung des heutigen Bestands an IKT-Geräten in Unternehmen liegen erheblich weniger statistische Angaben über Gerätebestände bzw. Ausstattungsraten vor als für die Haushalte. Für diese Untersuchung konnten jedoch zwei neue Datenquellen erschlossen werden, die zu einer zuverlässigeren Ermittlung des derzeitigen Bestands an IKT-Endgeräten und auch an Servern (siehe unten) in Unternehmen in Deutschland beitragen können: eine Datenbank von TechConsult (2008), in der Bestandsdaten zu Computern und Servern in Unternehmen auf der Basis von Unternehmensbefragungen erhoben werden sowie eine Befragung zum Energieverbrauch von über 2.000 Unternehmen durch Fraunhofer ISI/TUM/GfK (2008) im Auftrag des BMWi, in der u.a. branchenspezifische Ausstattungsraten für Bürogeräte und Server erhoben wurden. Auf dieser Grundlage kann der Gesamtbestand an IKT-Geräten und Servern dann über die Zahl der Erwerbstätigen in den jeweiligen Branchen nach der WZ-2003-Systematik der Wirtschaftszweige (VGR 2008) hochgerechnet werden. Der auf dieser Grundlage ermittelte Gerätebestand umfasst damit die privaten und öffentlichen Unternehmen nahezu aller Wirtschaftsbereiche der WZ-2003-Systematik³.

Die Annahmen zu den Nutzungsmustern und Leistungsaufnahmen in den verschiedenen Betriebszuständen basieren wie bei den Haushalten im Wesentlichen auf den EuP-Vorstudien (Lot 3 bis 7), ergänzt durch eigene Annahmen. Dabei wird von einer jährlichen Nutzungsdauer der Geräte in den Unternehmen von 240 Tagen ausgegangen.

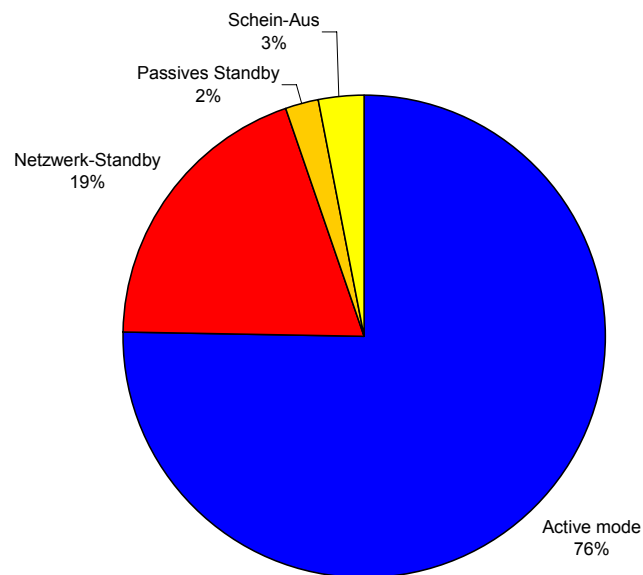
Insgesamt ergibt sich auf dieser Grundlage für das Jahr 2007 ein Strombedarf für IKT-Endgeräte in Unternehmen in Höhe von 6,8 TWh. Davon entfallen rund 0,6 TWh auf die öffentliche Verwaltung (WZ L). Rund die Hälfte des Stromverbrauchs für IKT entfällt dabei auf die Nutzung von Desktop-PCs, während die Bedeutung der Notebooks noch gering ist. Auf Drucker und Monitore entfallen weitere knapp 40% (Abbildung 7). Nach Betriebszuständen dominiert im Unternehmenssektor der Strombedarf der Geräte im Normalbetrieb, auf den rund drei Viertel des Gesamtverbrauchs entfällt. Innerhalb des Standby ist vor allem das Netzwerk-Standby relevant für den Strombedarf (Abbildung 8).

³ Nicht berücksichtigt wurden die Wirtschaftsbereiche Landwirtschaft, Gartenbau (WZ A-B), da angenommen wird, dass ein großer Teil dieser Geräte bei den Haushalten bilanziert ist sowie WZ C (Bergbau) aufgrund minimaler Bedeutung für den Gerätebestand. Der ebenfalls im Gesamttaggregat enthaltene Wirtschaftsbereich "Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung" (WZ L) wird nochmals separat ausgewiesen, um den Stromverbrauchs dieses Sektors gesondert zu erfassen.



Strombedarf für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007: 6,8 TWh

Abbildung 7: Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007



Strombedarf für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007: 6,8 TWh

Abbildung 8: Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen 2007 nach Betriebszuständen

Server und Rechenzentren

Der Gesamtbestand an Servern in den Unternehmen im Jahr 2007 liegt nach den Daten von TechConsult (2008), auf die hier zurückgegriffen wurde, bei knapp 1,7 Millionen. Die Aufteilung dieses Gesamtbestands auf die verschiedenen Leistungsklassen, die auf das Klassifikationsschema von IDC zurückgehen, wurde hier analog zu den Annahmen aus der noch laufenden EU-Studie "Efficient Servers" [E-Server 2007] vorgenommen (Abbildung 9). Demnach liegen rund 85% des gesamten Serverbestands in den beiden kleinsten Leistungsklassen.

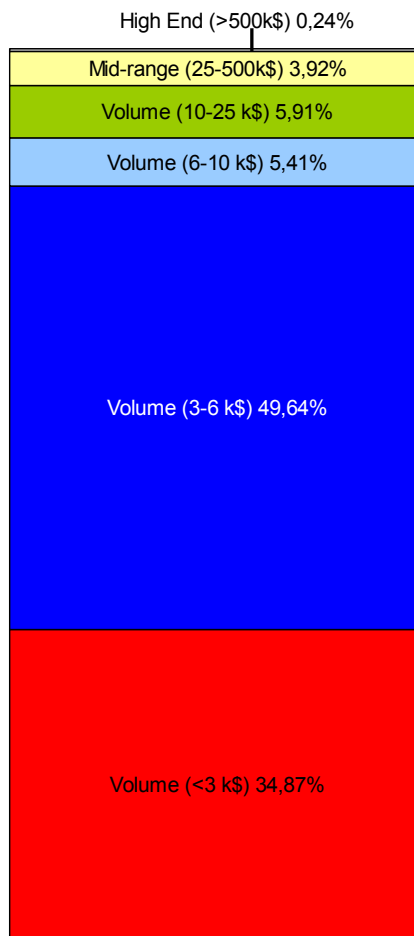
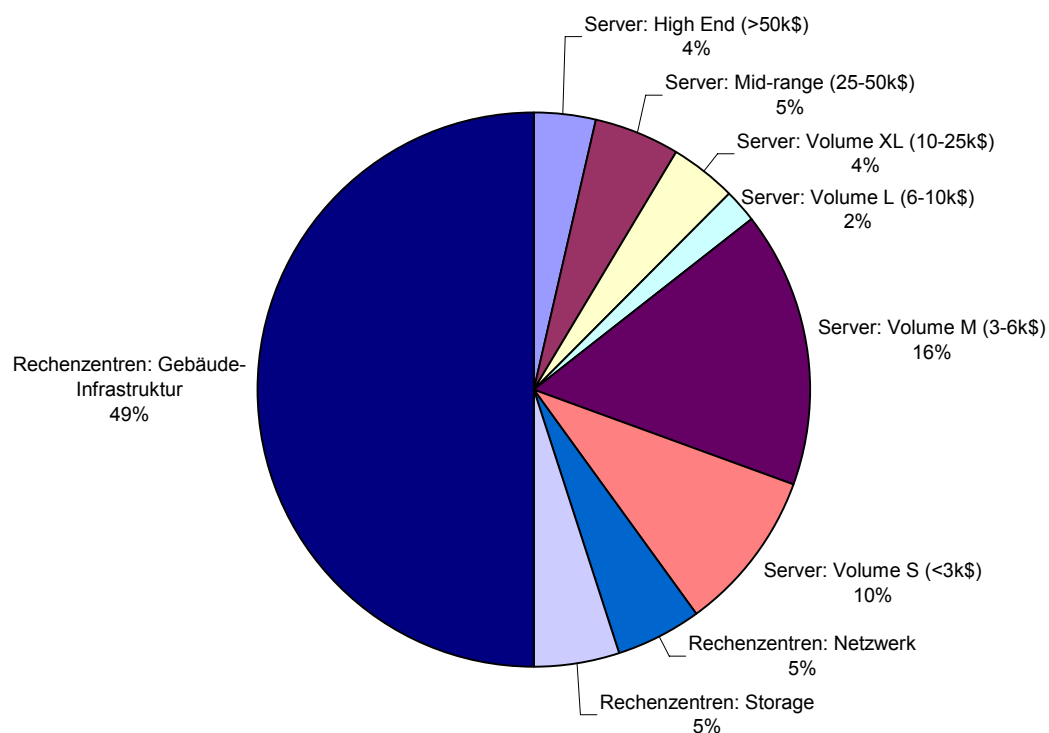


Abbildung 9: Struktur des Serverbestands in Unternehmen im Jahr 2007
(Gesamtbestand: 1,686 Mio.)

Die Leistungsaufnahme der einzelnen Serverklassen beruht ebenfalls auf den Annahmen der EU-Studie "Efficient Servers". Dem Stromverbrauch des eigentlichen Servers hinzuzurechnen ist weiterhin der Stromverbrauch der entsprechenden Rechenzentren-Infrastruktur, d.h. von Netzwerken, Storage und Gebäude-Infrastruktur (u.a. HVAC, USV). Dieser wurde hier anteilig am Stromverbrauch der Server berechnet, wobei an-

genommen wurde, dass auf die eigentlichen Server rund 40% des Gesamtstromverbrauchs eines Rechenzentrums entfällt und weitere 60% auf die Infrastruktur (darunter 50% für die Gebäudeinfrastruktur und je 5% für Netzwerk und Storage). Dabei wird bei Rechenzentren von einer dauerhaften Nutzung über das ganze Jahr ausgegangen.

Unter diesen Annahmen liegt der gesamte für Server und die entsprechende Rechenzentren-Infrastruktur anfallende Stromverbrauch in Unternehmen im Jahr 2007 bei rund 9,1 TWh (Abbildung 10), davon rund 644 GWh im öffentlichen Sektor. Vom Gesamtverbrauch entfällt rund die Hälfte auf die Gebäudeinfrastruktur.



Gesamter Stromverbrauch für Server und Rechenzentren-Infrastruktur in Unternehmen in 2007: 9,1 TWh

Abbildung 10: Aufteilung des Stromverbrauchs für Server und Rechenzentren im Jahr 2007

Netzzugang und Kernnetze

Neben den IKT-Endgeräten und Rechenzentren fällt auch für das Betreiben der Netzzugänge zu Telefon- und Internetnetzen sowie der Kernnetze selbst ein Stromverbrauch an, der ebenfalls dem IKT-bedingten Stromverbrauch zuzurechnen ist. Die für

den Netzbetrieb ebenfalls nötigen Rechenzentren werden hierbei jedoch nicht betrachtet, sondern sind bereits im oben bilanzierten Stromverbrauch der Server und Rechenzentren enthalten. Dem Bereich "Netzzugang und Kernnetz" werden hier daher nur die reinen Netzwerkkomponenten zugeordnet, wobei zwischen Festnetz und Mobilfunk unterschieden wird.

Die Erfassung des Gerätebestandes für den Bereich Netzzugang und Kernnetz stellt aufgrund des Fehlens etablierter Strukturmodelle und Statistiken ein Problem dar. Für die Bestandsaufnahme wurde anhand existierender Netzformen und Übertragungstechniken (Standards) eine eigene Struktur konzipiert. Abbildung 11 verdeutlicht diesen Ansatz. Die Darstellung zeigt einzelne Netzwerkebenen, die sich sowohl regional hierarchisch (Orts- und Regionalnetze sowie globale Fernnetze) als auch nach Betreibern (Telekom- und Internetnetzbetreiber) ordnen lassen. Zudem lassen sich die „Last Mile“ oder Netzzugangstechnologien in drahtgebunden und drahtlos unterscheiden. Der Gerätebestand umfasst allgemein Netzübergangsschnittstellen und Vermittlungsknoten (Gateways, Router und Switches), Signalverstärker und Sende/Empfangseinheiten (Repeater, Basisstationen, Antennen) sowie Richtfunk (Funktürme und Satellitenlinks). Die Mehrzahl dieser funktionalen Kommunikationskomponenten sind Recheneinheiten, die in 19-Zoll-Schränken (Racks) stecken und in Servern untergebracht sind.

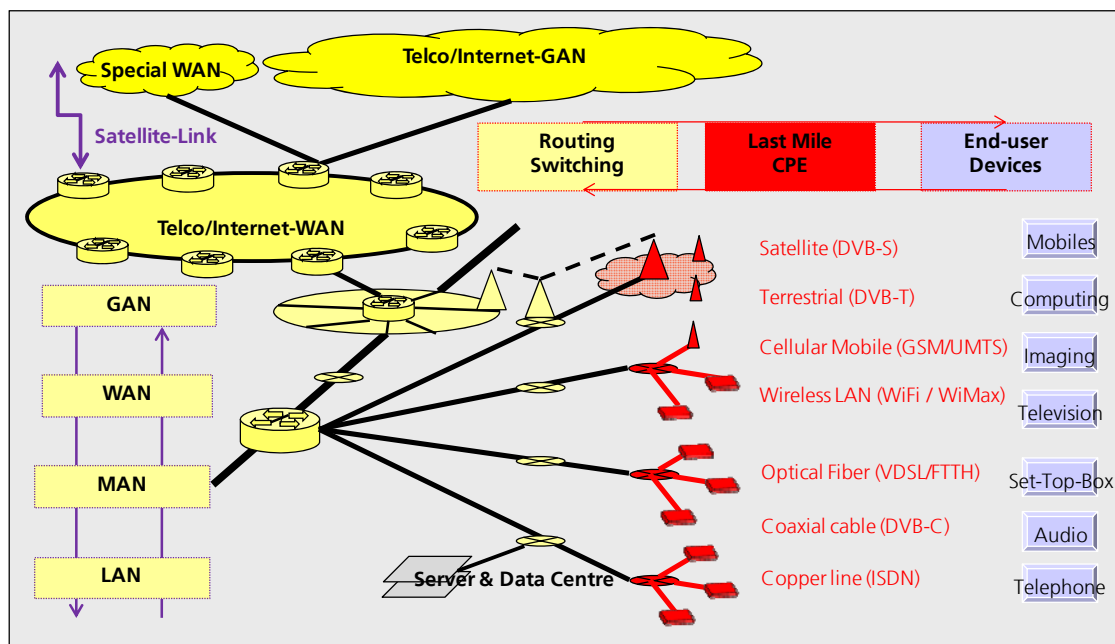


Abbildung 11: Heterogene Netzwerkstruktur mit Komponenten

Auf dieser Grundlage wurde für den Mobilfunk für das Jahr 2007 ein Bestand an Basisstationen in Deutschland von etwa 135.000 ermittelt, davon 85.000 für die GSM-Netze und 50.000 für die UMTS-Netze. Die dieser Abschätzung zu Grunde liegenden An-

nahmen sowie die für den Bestand angenommenen Leistungsaufnahmen werden im Anhang (Abschnitt 7.1.4) ausführlich erläutert. Als Ergebnis dieser Berechnungen entfiel im Jahr 2007 auf den zellularen Mobilfunk selbst, d.h. Basisstationen und Vermittlungsstellen, ein Stromverbrauch von 3,1 TWh.

Für den Bereich des Festnetzes war aufgrund der eingeschränkten Datenlage keine Bestimmung des Strombedarfs über Bestandswerte und spezifische Stromverbräuche möglich. Daher haben wir für das Basisjahr 2007 pauschal einen durchgängigen Stromverbrauch von 10 W pro Haushaltsversorgung angenommen (87,6 kWh/a pro Haushalt). Daraus ergibt sich ein Stromverbrauch von rund 3,3 TWh für das Festnetz in Deutschland. Diese Annahme und die entsprechende Größenordnung des Festnetzverbrauches wurden von der Industrie bestätigt. Eine genaue Modellierung des Festnetzverbrauches steht noch aus.

Der gesamte Stromverbrauch für den Bereich Netzzugang und Kernnetz im Jahr 2007 wird hier somit auf rund 6,4 TWh geschätzt.

Gesamter Stromverbrauch für IKT in Deutschland

Insgesamt ergibt sich damit für das Referenzjahr 2007 ein gesamter Stromverbrauch für IKT in Deutschland in Höhe von 55,4 TWh. Dies entspricht einem Anteil von 10,5% am gesamten Stromverbrauch in Deutschland (529 TWh; AGE B 2008). Einen zusammenfassenden Überblick über die Zusammensetzung des IKT-bedingten Stromverbrauchs nach Sektoren, Geräteklassen und Betriebszuständen gibt Tabelle 1.

Den mit Abstand größten Anteil des IKT-bedingten Stromverbrauchs verursachen mit knapp 60% bzw. 33 TWh die Endgeräte in Haushalten (Abbildung 12). Der Anteil der Endgeräte in Unternehmen ist demgegenüber mit nur gut 12% (6,8 TWh) deutlich geringer. Bedeutender ist bereits der Stromverbrauch von Servern und Rechenzentren, der im Jahr 2007 rund 9,1 TWh betrug. Auch der Strombedarf für den Netzzugang und das Kernnetz (Mobilfunk und Festnetz) liegt mit 6,4 TWh schon in der gleichen Größenordnung wie der für IKT-Endgeräte in Unternehmen.

Tabelle 1: Stromverbrauch für IKT in Deutschland im Jahr 2007 nach Sektoren, Geräteklassen und Betriebszuständen

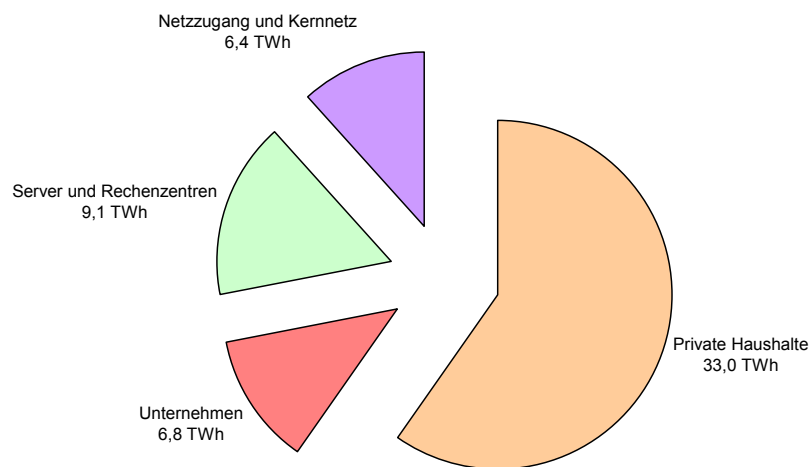
Sektor	Stromverbrauch in 2007 (GWh)		
	Alle Modi	Active Mode	Standby Mode ¹⁾
Private Haushalte	33.010	23.548	9.462
Computer ²⁾	11.217	8.664	2.552
Mobile Geräte	479	332	146
Television ²⁾	15.833	12.119	3.714
Audio-Geräte	3.212	1.287	1.925
Telefone, Router	2.270	1.145	1.125
Unternehmen³⁾	6.817	5.128	1.689
<i>darunter: öffentl. Verwaltung</i>	<i>578</i>	<i>426</i>	<i>152</i>
Computer ²⁾	6.196	5.008	1.188
Telefone, Router	622	120	501
Server und Rechenzentren	9.122	9.122	0
<i>darunter: öffentl. Verwaltung</i>	<i>644</i>	<i>644</i>	<i>0</i>
Server	3.649	3.649	0
Rechenzentren-Infrastruktur	5.473	5.473	0
Netzzugang und Kernnetz	6.436	6.436	0
Mobilfunk	3.107	3.107	0
Festnetz	3.329	3.329	0
Summe IKT	55.385	44.233	11.151

1) Netzwerk-Standby, passives Standby, Schein-Aus

2) Inkl. Peripheriegeräte

3) In der Abgrenzung der WZ-2003-Systematik der Wirtschaftszweige: WZ-Abschnitte D-O; darunter " Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung" (WZ L)

Der Stromverbrauch im Standby-Modus, d.h. Scheinaus-Verluste, passiver Standby und Netzwerk-Standby, machen mit 11,2 TWh/a in privaten Haushalten und Unternehmen derzeit noch rund 28% des Gesamtverbrauchs in diesen beiden Sektoren von 39,8 TWh aus. Technische Erneuerung und zunehmendes Verbraucherbewusstsein zusammen mit gesetzlichen Vorgaben werden aber mittelfristig zu einer deutlichen Reduzierung dieses Anteils beitragen (siehe auch Kapitel 3). In den beiden übrigen Sektoren ist der Standby-Modus nicht relevant.



Gesamter Stromverbrauch für IKT im Jahr 2007: 55,4 TWh

Abbildung 12: Stromverbrauch für IKT im Jahr 2007 nach Sektoren

Vergleich mit den Ergebnissen früherer Studien

Für die Referenzjahre 2001 und 2004 liegen bereits Ergebnisse aus früheren Studien zum Energiebedarf für IKT-Anwendungen in Deutschland vor (Fraunhofer ISI/Cepe 2003; Fraunhofer ISI/FfE/TU Dresden 2005). In diesen Untersuchungen wurde das gleiche Berechnungsmodell (Abbildung 4) verwendet wie in dieser Untersuchung. Auch die Abgrenzung der Gerätekategorien ist gut vergleichbar. Die hinter den Modellberechnungen stehenden Daten und Annahmen zum Gerätebestand sowie zur Nutzungszeit und zur Leistungsaufnahme der Geräte wurden allerdings in dieser Studie aktualisiert und basieren teilweise auf Datenquellen, die in den früheren Studien noch nicht verfügbar waren (insbesondere die Vorstudien zur Ökodesign-Richtlinie).

Abbildung 13 zeigt die Ergebnisse für die früheren Referenzjahre 2001 und 2004 im Vergleich zur aktuellen Bestandsaufnahme für 2007 ("2007 neu"). Außerdem wurde für 2007 aus den früheren Prognosen für 2010 und dem damaligen Referenzjahr 2004 ein Mittelwert für 2007 gebildet ("2007 Prognose"), der dem aktuell für 2007 ermittelten Verbrauchswert ("2007 neu") gegenüber gestellt wird. Wie Abbildung 13 zeigt, stimmt die Richtung der Veränderung, die aus Sicht der früheren Studien für das Jahr 2007 prognostiziert wurde, bei allen Sektoren und für Standby mit der aktuellen Entwicklung überein. Auch absolut liegen die Verbrauchswerte in vergleichbarer Größenordnung. Mit rund 55,4 TWh liegt der IKT-bedingte Stromverbrauch im Jahr 2007 allerdings etwa

5 TWh über dem Prognosewert. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass der Verbrauchsanstieg bei den IKT-Endgeräten in privaten Haushalten durch die schnellere Marktdurchdringung von großformatigen Fernsehern noch stärker ausfiel als erwartet. Auch für den Bereich Mobilfunk und Festnetz wird in dieser Untersuchung mit 6,4 TWh von einem höheren Verbrauchswert ausgegangen als in den früheren Studien mit geschätzten 4,2 TWh für 2007. Demgegenüber fiel der Rückgang beim Stromverbrauch für Standby stärker und schneller aus als erwartet. Für die Bereiche IKT-Endgeräte in Unternehmen und Server/Rechenzentren ist jeweils eine sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse festzustellen. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass in den früheren Studien nur die IKT-Geräte der Büro-Arbeitsplätze berücksichtigt wurden, während in dieser Untersuchung IKT-Endgeräte in allen öffentlichen und privaten Unternehmen einbezogen sind. Dies erklärt den etwas höheren Verbrauchswert für 2007, wobei möglicherweise in den früheren Studien auch der Stromverbrauch für Drucker und Kopierer in Büros überschätzt wurde. Dies konnte durch die aktuellen Annahmen zu diesen Geräten auf Grundlage der EuP-Vorstudie zu "Imaging Equipment" (Lot 4) korrigiert werden.

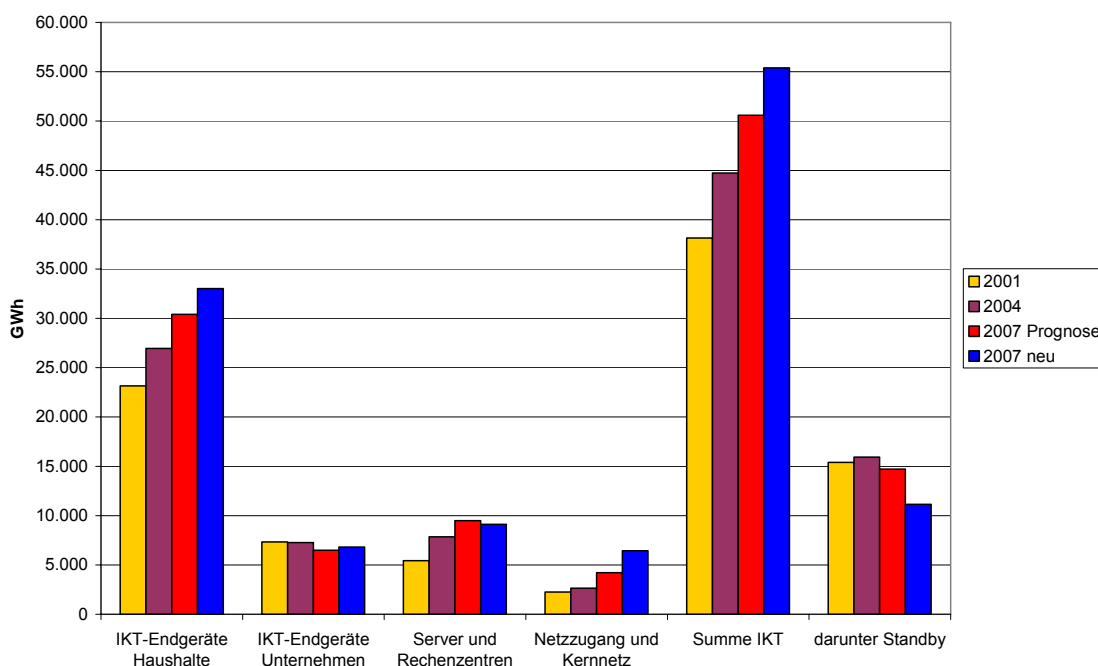


Abbildung 13: Vergleich der Ergebnisse der Bestandsaufnahme für 2007 ("2007 neu") mit den Ergebnissen früherer Studien zum Energiebedarf für IKT in Deutschland (Quellen: Fraunhofer ISI/Cepe 2003, Fraunhofer ISI/FfE/TU Dresden 2005; aktuelle Berechnungen Fraunhofer IZM/ISI)

2 Trendanalyse

2.1 Einführung

Ziel der vorliegenden Trendanalyse ist eine qualitative Beschreibung der aktuellen Markt- und Technikentwicklung und die teilweise Quantifizierung einzelner Entwicklungen. Diese Informationen bilden die Grundlage für die Annahmen und Szenarien der nachfolgenden Prognose. Vorab ist jedoch grundsätzlich festzustellen, dass langfristige Prognosen in einem so dynamischen Marktumfeld wie der IKT-Branche schwierig sind. Der Identifizierung von Megatrends liegt eine Literatur- und Internetrecherche mit Auswertung aktueller Studien zum Thema zu Grunde. Des Weiteren fließen Informationen aus Expertengesprächen in die Trendanalyse ein.

Wie in allen Wirtschaftsbereichen wird die Entwicklung des IKT-Sektors grundsätzlich von der allgemeinen, makroökonomischen Gesamtlage bestimmt, welche u.a. das Investitionsklima beeinflusst.⁴ Ein spezifisches Merkmal der IKT-Branche ist jedoch die Technologie und insbesondere die anhaltende Dynamik ihrer Entwicklung und Applikation. Folgende Merkmale prägen die Entwicklung:

- Schnellebige, teilweise parallele Technologieentwicklung (u.a. Displays, Speicher)
- Intrinsisches Entwicklungsparadigma im Bereich der Halbleiterindustrie hält noch an (Moore'sche Gesetz: More Moore, More Than Moore, Beyond Moore)
- Teilweise Hardware-unabhängige Software-Entwicklung
- Sehr hohe Kosten für Forschung und Entwicklung (insb. Halbleiterindustrie)
- Starker Patent- bzw. Lizenzhandel verbunden mit hohen Kosten (Black-Box)
- Parallele Technologiestandards und langwierige Standardisierungsprozesse
- Heterogene Netzinfrastruktur insbesondere bei den Zugangnetzen (Triple Play)
- Investitionsrisiko bei Netz-Infrastrukturmaßnahmen (u.a. FTTH)

Mit dieser Auflistung von Merkmalen der IKT-Branche werden einige grundsätzliche Rahmenbedingungen skizziert, die stetig auf allen Geschäfts- bzw. Wirtschaftsebenen (makro, meso, micro) wirken. Es ist wichtig, diese Merkmale in einer Gesamtbetrachtung der künftigen Entwicklung zu berücksichtigen. Allerdings lassen sie sich schwerlich quantifizieren.

⁴ Makroökonomische Gesamtlage beinhaltet u.a. Einflussfaktoren wie Marktliberalisierung und Globalisierung, Klimaschutz und Ressourcenverknappung, Finanzkrise und Preisspekulation, Terrorismusabwehr und organisierte Kriminalität. Diese Faktoren bestimmen nicht nur die unmittelbare Konjunkturlage sondern sind bei starker Ausprägung auch für langfristige Strukturveränderungen verantwortlich.

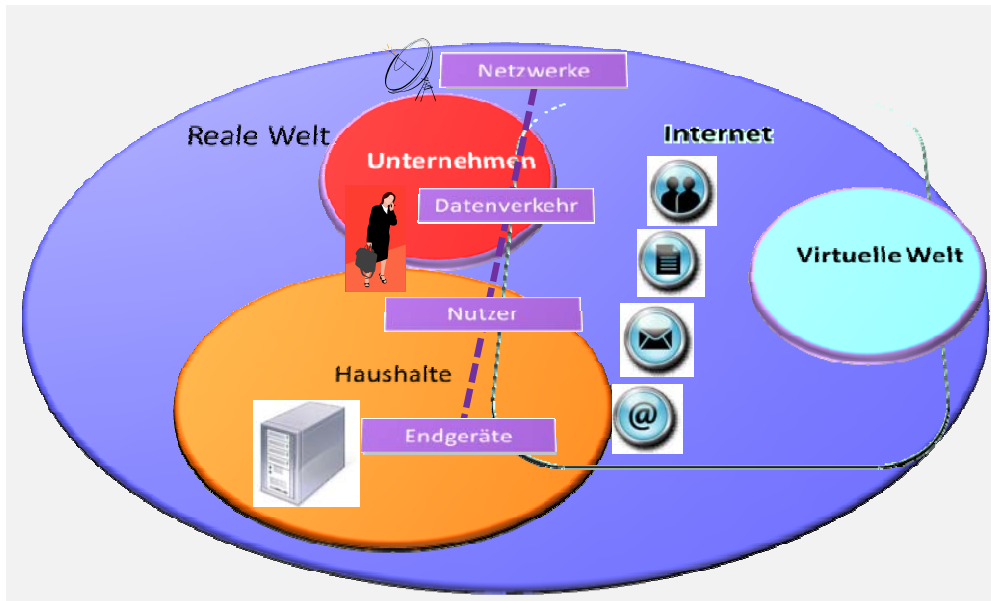


Abbildung 14: Ebenen der Trendanalyse

Die Trendanalyse wird sich auf vier, sehr eng verknüpfte Bereiche – Datenverkehr, Anwendungen, Endgeräte und Netzwerke – konzentrieren (siehe Abbildung 14). Da es schwer ist, einzelne Trends klar abzugrenzen, wird eine lose verknüpfte Kette einzelner Trends geschaffen, die technische und marktbezogene Entwicklungen, die sich unabhängig von einer spezifischen Konjunkturlage abzeichnen, beschreibt. Es wird der Versuch unternommen die Auswirkungen dieser Trends auf den Stromverbrauch einzuschätzen. Ziel der Trendanalyse ist die Darstellung kausaler Zusammenhänge zwischen diesen vier Bereichen und dem Stromverbrauch. Im Ergebnis sollen Größenordnungen von Veränderungen charakterisiert werden. Vor diesem Hintergrund wurden für die strukturierte Trendanalyse folgende Fragen gestellt:

- 1) Datenverkehr und Netze
 - a. Welche Inhalte bestimmen den Internet- und Nicht-Internet-basierten IP-Verkehr?
 - b. Welche Bandbreitenabforderungen sind im Hin- und Rückkanal des Netzzugangs zu erwarten?
 - c. Welche Entwicklungen fördern einen ubiquitären IP-Verkehr?
- 2) Inhalte und Anwendungen
 - d. Welche Nutzungsmerkmale kennzeichnen die junge „Cyberspace“-Generation?
 - e. Welche Erwartungen bzw. Anforderungen stellen die Nutzer an eine ubiquitäre IKT?

- f. Welche Kostenmodelle entwickeln sich vor dem Hintergrund steigender IKT-Nutzung?
- 3) Server und Infrastrukturen
- g. Welche Netzwerkstrukturen entwickeln sich aus Triple Play Services?
- h. Welche energetischen Vorteile haben drahtgebundene bzw. drahtlose Netzzugangstechnologien?
- i. Welche Trends gibt es hinsichtlich einer (energie-)effizienteren Nutzung von Servern und Speichern?
- 4) Komponenten und Endgeräte
- j. Welche Komponententrends tragen zur potentiellen Steigerung bzw. Senkung der Leistungsaufnahme im Betrieb (on-mode) bei?
- k. Welche Komponententrends tragen zur potentiellen Steigerung bzw. Senkung der Leistungsaufnahme in Bereitschaft (Standby) bei?
- l. Welche Produktkonfigurationen sind in der Zukunft zu erwarten?

Aus diesen Fragen wurden 18 Trends abgeleitet (siehe Tabelle 2), die im Folgenden im Detail beschrieben werden.

Tabelle 2: Struktur der Trendanalyse

Datenverkehr und Netze	Anwendungen und Inhalte	Server und Computing-Konzepte	Komponenten und Endgeräte
T 1: Zunahme vernetzter Produkte durch IPv6	T 5: IP-Video aller Art	T 10: Optimierung von Rechenzentren	T 14: High Definition
T 2: Zunahme des jährlichen Datenverkehrs um 50%	T 6: Digitales Fernsehen und IPTV	T 11: Klassenwechsel bei Rechenzentren	T 15: Große Flachbildschirme
T 3: Haushalte bestimmen 75% des Datenverkehrs	T 7: IP-Sprach- und Videokommunikation	T 12: Thin Clients	T 16: Funktionale Integration
T 4: Triple Play Datenverkehr benötigt Next Generation Networks	T 8: Interaktive und individualisierte Internetnutzung	T 13: Cloud Computing	T 17: Effiziente Komponenten
T 9: Kostenmodelle		T 18: EBPg	

2.2 Datenverkehr und Netze

2.2.1 # 01: Zunahme netzwerkfähiger Produkte durch IPv6

Ein eindeutiger Trend ist der Aufbau von nahtlosen all-IP-Kommunikationssystemen (**all IP-based seamless Communication**) sowohl für Sprach-, Bild- und Datenkommunikation (**Triple Play Services**). Die technischen Voraussetzungen werden durch die Halbleiter- und Elektronikindustrie geschaffen, die hochminiaturisierte elektronische und optische Komponenten für eine digitale Datenübertragung und Datenverarbeitung bereitstellen. Damit wird auch die Verschmelzung von Kabel-basierten (fixed) und Funk-basierten (mobile) Kommunikationsnetzen (**Fixed Mobile Convergence**) für eine ubiquitäre Kommunikation an jedem Ort und zu jeder Zeit fortgeführt. Schließlich ist davon auszugehen, dass mittel- bis langfristig eine Annahme des Internet Protokolls **IPv6** auch in Deutschland unumgänglich ist, da IPv6 eine wichtige Grundlage für die effiziente Realisierung künftiger Informations- und Kommunikationsprozesse und damit dem Internet der Menschen und Dinge ist.

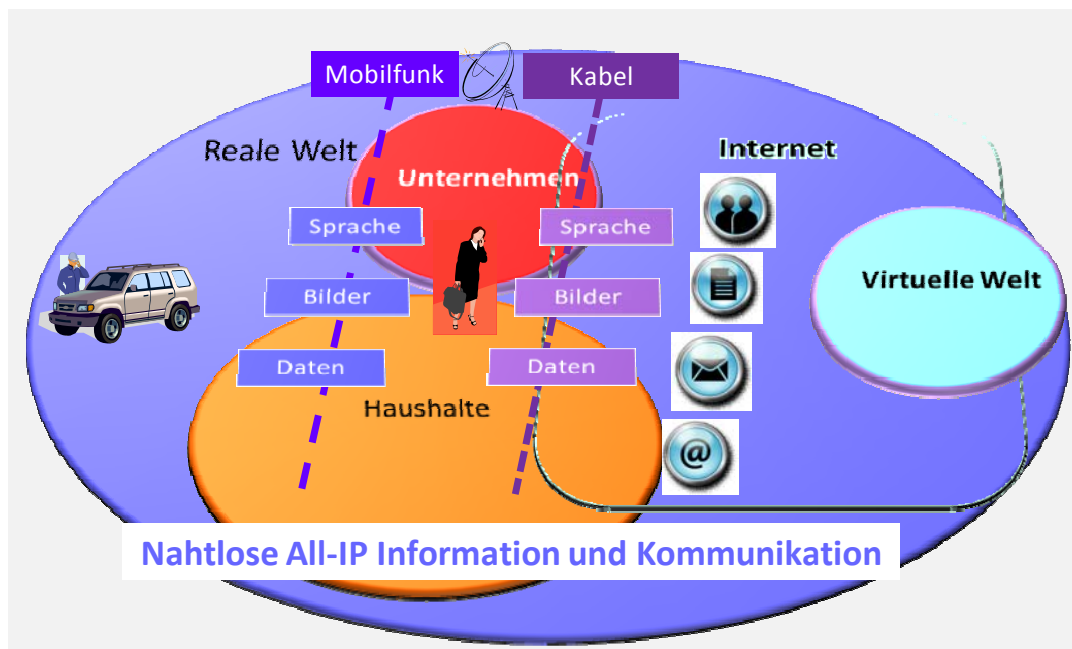


Abbildung 15: All-IP-basierte nahtlose Kommunikation

Mit der Digitalisierung bildet das Internet-Protokoll (IP) heute den wichtigsten Integrationsfaktor bei der Gestaltung und Nutzung von Telekommunikations- und Datennetzen. Die derzeitige genutzte, vierte Version des Internet Protocol (IPv4) bildete die technische Grundlage des weltweiten Internets. IPv4 verfügt über einen 32 Bit großen Adressenraum, der maximal 4,3 Milliarden eindeutige IP-Adressen ermöglicht. Diese Anzahl

neigt sich mit zunehmender globaler Nachfrage insbesondere in Asien und Südamerika dem Ende. Die Internet Assigned Numbers Authority (IANA) geht davon aus, dass nur noch bis 2011 der global wachsenden Internetgemeinde Adressen bereitgestellt werden kann⁵. Die Entwicklung der Nachfolgeversion IPv6 wurde 1995 aufgrund dieser absehbaren Adressenknappheit begonnen und gilt heute als genügend ausgereift für einen umfassenden Einsatz⁶. Gleichwohl in den USA und Europa IPv6 von den Backbone-Betreibern und Provider nach Medienberichten zufolge vernachlässigt wurde⁷, scheint eine mittelfristige Implementierung unumgänglich⁸. Bereits heute werden IPv6 von zahlreichen Betriebssystemen sowie einer Reihe von Endanwendungen unterstützt.

IPv6 verwendet 128-Bit-Adressen, was eine enorme Vergrößerung des Adressraums auf 2^{128} (=340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 \approx 340 Sextillionen) bedeutet. Ein Artikel des renommierten „Heise Netze“-Portals formulierte es wie folgt: „340,28 Sextillionen. Das genügt, um jeden Quadratmillimeter der Erdoberfläche inklusive Ozeanen mit rund 600 Billionen Adressen zu bepflanzen. Weil man nicht knausern muss, ist es nicht nur möglich, Mobiltelefonen, Fahrzeugen oder beliebigen Haushaltsgeräten eigene IP-Adressen zuzuweisen, sondern man kann an der Verwaltung sparen und die Adressen ad hoc zuteilen.“

Merkmale der IPv6-Spezifikation sind:

- Vergrößerung des Adressraums auf 2^{128} (ca. $3,4 \cdot 10^{38}$ IP-Adressen)
- Automatische Konfiguration von IP-Adressen anhand der MAC-Adresse (Media Access Control)
- Multicast fähig, was eine effiziente Bandbreitennutzung für z.B. Video-Streaming unterstützt
- Mit Quality of Service lassen sich Datenströme priorisieren, um zeitkritische Anwendungen vor Paketverlust zu bewahren

5 Webseite der Internet Assigned Numbers Authority: <http://www.iana.org/>

6 Webseite des deutschen IPv6 Council: <http://www.ipv6council.de/>

7 Die Verzögerung hat zwei wesentliche Gründe. Zunächst ist der vorhandene Adressenpool in den USA und Europa weitaus besser, da historisch gewachsen. Der zweite Grund liegt in der notwendigen Erneuerung der Kernnetze (Backbones). Zwar ist IPv6 mit der IPv4-Version aufwärtskompatibel, aber wegen den gigantischen Tabellen in den Routern schiebt man die Migration bisher noch aus (siehe auch Frans-Joachim Kauffels „Grundlagen der Netzwerktechnik“, 6.Auflage, 2007, Heidelberg)

8 Heise Netze 05.04.2007: <http://www.heise.de/netze/IPv6-Das-Mega-Netz--/artikel/87737>

- Punkt-zu-Punkt-Verschlüsselung gemäß IPsec sowie die Erreichbarkeit unter derselben Adresse in wechselnden Netzwerken
- Vereinfachte Umnummerierung (Renumbering) für leichteren Wechsel ganzer Firmennetze zwischen Providern
- Vereinfachung und Verbesserung des Protokollrahmens für schnelles Routing
- Mobile IPv6 ermöglicht unter der gleichen IP-Adresse überall erreichbar zu sein, beispielsweise im heimischen Netzwerk oder mobil unterwegs. Normalerweise müssten dazu aufwändig Routing-Tabellen geändert werden. Mobile IPv6 benutzt stattdessen einen Schatten-Rechner („Home Agent“, HA), der das Mobilgerät in seinem Heimnetz vertritt. Eingehende Pakete werden durch diesen HA an die momentane Adresse („Care-of-Address“, CoA) des Mobilgeräts getunnelt. Der HA bekommt die aktuelle CoA des Mobilgerätes durch „Binding Updates“ mit, die das Gerät an den HA sendet, sobald es eine neue Adresse im besuchten Fremdnetz erhalten hat.⁹

Fazit:

Mit IPv6 wird die Anzahl kommunikationsfähiger Produkte deutlich zunehmen. Stichwörter in diesem Zusammenhang sind Internet der Dinge, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation oder Ambient Intelligence. Diese Entwicklung wird potentiell den Stromverbrauch erhöhen, da nun eine ständige Netzwerkbereitschaft (Networked Standby / Netzwerk-Standby) realisiert werden muss. Dieser Stromverbrauch ist nach Einschätzung der EuP-Studie Lot 6 „Standby and off-mode losses“ deutlich höher anzusetzen als der sogenannte passive Standby. Passives Standby wird heute mit durchschnittlich 0,5 bis 1,0 Watt realisiert. Als Faustformel für Netzwerk-Standby sollte man einen Faktor 10 ansetzen und mit 5,0 bis 10,0 Watt kontinuierlicher Leistungsaufnahme rechnen. Sicherlich sind geringere Werte technisch möglich, doch derzeit nur zu einem deutlich höheren Preis. Die im Sommer 2009 beginnende EuP Studie Lot 26 „Networked standby losses“, die ebenfalls wieder vom Fraunhofer IZM geleitet wird, wird erstmals das Thema detailliert untersuchen. Als Fazit ist festzuhalten, dass mit der Zunahme netzwerkfähiger Produkte mit großer Wahrscheinlichkeit der Stromverbrauch steigt.

2.2.2 # 02: Zunahme des jährlich Datenverkehrs um 50%

Das Volumen des IP-basierten Datenverkehrs wird von 2008 bis 2012 aufgrund von Video- und TV-Anwendungen um jährlich 46% anwachsen. Zu diesem Ergebnis kommt eine aktuelle Studie des US-Netzwerkherstellers Cisco mit dem Titel „Approaching the

⁹ Mobile IP bei Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Mobile_IP

Zettabyte Era“, die im Rahmen der Unternehmensinitiative „Cisco Visual Networking Index – Forecast and Methodology 2007–2012“ am 16. Juni 2008 veröffentlicht wurde [Cisco 2008].

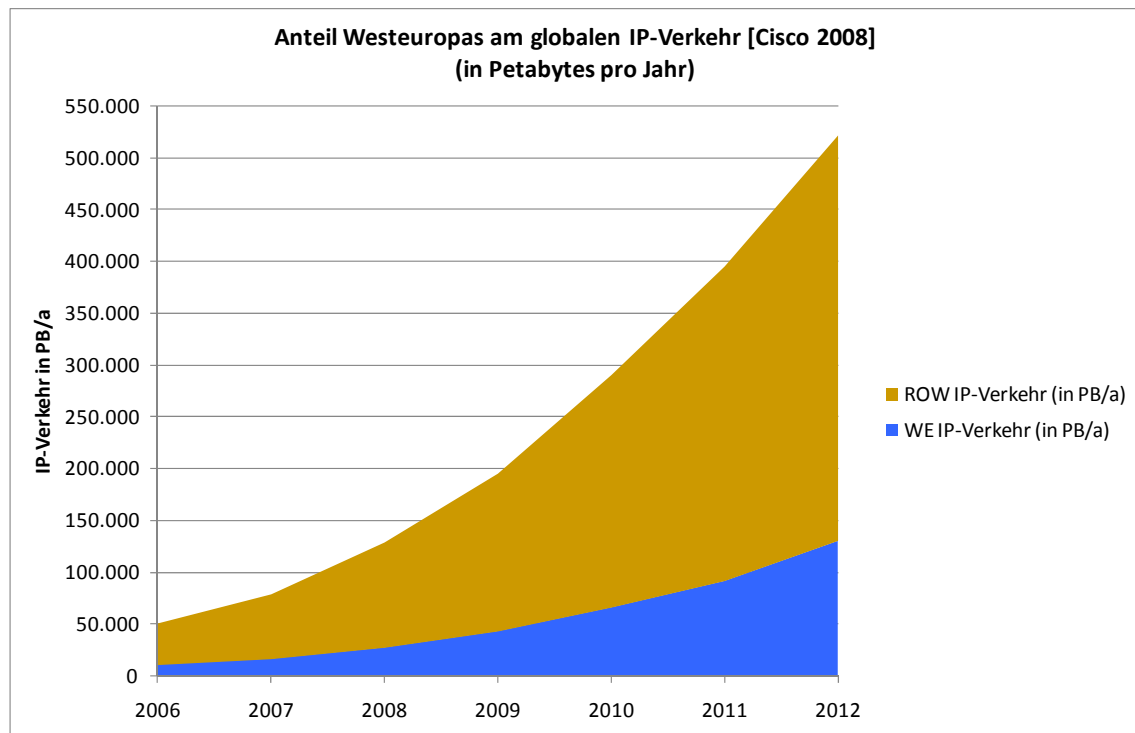


Abbildung 16: Anteil Westeuropas am IP-Verkehr 2006-2012 (nach Cisco 2008)

Für die Untersuchung der mittelfristigen Entwicklung des Internet- und Nicht-Internet-basierten IP-Datenverkehrs in Deutschland – insbesondere wesentlicher Trends, deren Triebkräfte und Größenordnungen – bildet diese Prognose von Cisco eine wichtige Basis. Die Studie wurde von Cisco in Kooperation mit renommierten Analysten wie IDC, Ovum oder Gartner erstellt. Die Datenqualität wird als gut beurteilt, gleichwohl die Studie von einem weltweit führenden Netzwerkausrüster kommt, der mit dieser Prognose natürlich einen wachsenden Markt beschreibt. Vergleichbar detaillierte Statistiken für den IP-Verkehr in Deutschland sind nicht bekannt.¹⁰ Der Studie von Cisco zufolge wird die globale IP-basierte Datenmenge im Jahr 2012 schätzungsweise 522.216 Petabytes¹¹ erreichen, was einem halben Zettabyte¹² entspricht. Damit ist der globale

¹⁰ Der German Commercial Internet Exchange (DE-CIX) in Frankfurt a.M. erfasst den IP-Verkehr dieses zentralen deutschen Internetknotens (Hubs) jedoch ohne Auswertung von Inhalten oder Segmenten. <http://www.de-cix.net/content/network/statistics.html>

¹¹ Petabyte (PB) sind 10^{15} Byte

¹² Zettabyte (ZB) sind 10^{21} Byte

IT-Verkehr im Jahr 2012 etwa viermal größer als 2008, was einem jährlichen Wachstum von 46% entspricht. Abbildung 16 zeigt den Anteil von Westeuropa an der Gesamtentwicklung. Da einzelne Länder in der Cisco Studie nicht ausgewiesen werden, nehmen wir die Daten für Westeuropa (WE) als eine Referenzgröße für die Entwicklung in Deutschland. Der Prognose nach verachtfacht sich der jährliche IP-Verkehr in Westeuropa von 16.248 PB im Jahr 2007 auf 130.584 PB im Jahr 2012.¹³

Tabelle 3: Weltweiter IP-Verkehr 2006--2012 (nach Cisco 2008)

Weltweiter IP-Verkehr	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	CAGR '07-'12
Welt IP-Verkehr Consumer* (in PB/a)	31.692	52.308	92.088	144.036	219.132	297.120	386.196	49%
Welt IP-Verkehr Business** (in PB/a)	19.032	26.316	36.096	49.680	67.464	89.748	118.068	35%
Welt IP-Verkehr Mobility*** (in PB/a)	84	312	780	1.836	4.140	8.928	17.952	125%
Gesamt Welt IP-Verkehr (in PB/a)	50.808	78.936	128964	195.552	290.736	395.796	522.216	46%
Gesamt Welt IP-Verkehr (in Tbps/a)	13	20	33	50	74	100	132	46%
Westeuropa IP-Verkehr (in PB/a)	10.632	16.248	27204	43.092	66.048	91.752	130.584	52%
Anteil Westeuropas IP-Verkehr (in %)	21%	21%	21%	22%	23%	23%	25%	
Deutschland IP-Verkehr (in PB/a)								
Anteil Deutschlands (in %)								
* Kabelbasierter IP-Verkehr durch Haushalte, Universitäten und Internet Cafes								
** Kabelbasierter IP WAN und Internet-Verkehr, ausgenommen back-up, generiert durch Wirtschaft und Behörden								
*** Mobiler Daten und Internet-Verkehr generiert durch Handsets, Notebooks, WiMAX								

Fazit:

Der jährliche Datenverkehr in Westeuropa wird bis 2012 um Faktor 8 gegenüber 2007 zunehmen. Diese Entwicklung wird durch fehlende Breitbandtechnik/Netze mittelfristig zu einer Zunahme des Stromverbrauchs bei Servern, Netzwerktechnik und Endgeräten führen. Wir vermuten, dass Breitbandengpässe sich negativ auf den Stromverbrauch auswirken, da Verzögerungen im Netz/Netzzugang längere Betriebsdauern der Netzwerkkomponenten und Endgeräte zur Folge haben. Der Anstieg des Stromverbrauchs wird jedoch nicht proportional zum Datenzuwachs ausfallen, da sich Effizienzgewinne in der Datenverarbeitung (Mooresche Gesetz)¹⁴ und Datenübertragung (insbesondere photonische Netze) mit einer zeitlichen Verzögerung realisieren lassen. Die Wechselwirkung der technischen Effizienzpotentiale mit den anwendungs- und systembezogenen Datenvolumen ist noch unerforscht. Daher ist eine Quantifizierung heute nicht möglich (Forschungsbedarf).

¹³ Für die BMWi-Studie haben wir die monatlichen Angaben von Cisco in Jahresverbräuche umgerechnet. Eine Umrechnung von PB/a in Tbps/a erscheint für Vergleichszwecke ebenfalls geeignet.

¹⁴ Das sogenannte Mooresche Gesetz besagt, dass sich die Integrationsdichte integrierter Schaltkreise bzw. die Anzahl an Transistoren pro Flächeneinheit mit minimalen Komponentenkosten etwa alle eineinhalb bis zwei Jahre verdoppelt. Dieses Miniaturisierungsparadigma wirkt sich bislang positiv auf die Energieeffizienz aus.

2.2.3 # 03: Haushalte bestimmen 75% des Datenverkehrs

Der private Endkundenbereich generiert künftige über 75% des Datenverkehrs. Dieser Trend ist bedeutsam für die Identifizierung von Handlungsbereichen – in diesem Fall die Haushalte – auch im Kontext der Energieeffizienz. Die Studie von Cisco ist hierfür wiederum hilfreich, da sie eine recht detaillierte Analyse einzelner IP-Segmente und deren Entwicklung liefert. Zunächst werden von Cisco drei Marktsegmente unterschieden:

- Customers: Der Bereich „Endkunden“ beinhaltet verdrahteten IP-Verkehr von Haushalten, Universitäten und Internet-Cafés
- Business: Der Bereich „Kommerzielle Nutzer“ beinhaltet verdrahteten IP-Verkehr, Fernnetze¹⁵ und Internet-Verkehr (ohne Back-up) generiert durch Wirtschaft und Behörden
- Mobility: Mobiler Daten- und Internet-Verkehr

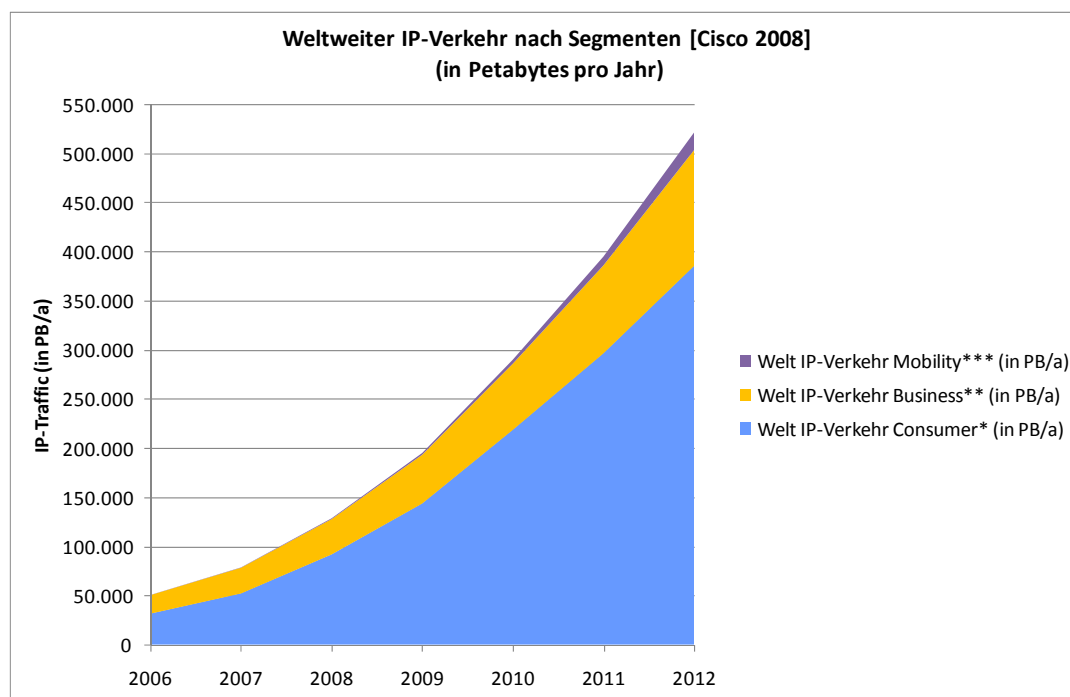


Abbildung 17: Weltweiter IP-Verkehr nach Segmenten 2006-2012 (nach Cisco 2008)

Der Anteil der Endkunden (Consumer) am Gesamtverkehr steigt von ca. 71% in 2008 auf 74% in 2012, wobei der nicht-Internet-basierte IP-Verkehr (Kabel-TV und Video on Demand) nominal am stärksten wächst.

¹⁵ In diesem Fall spricht Cisco von WAN oder Wide Area Networks.

Diese Prognose bestätigt einerseits die Bestandsaufnahme, welche für den privaten Endkundenbereich mit ca. 60% den größten Anteil am IKT-Stromverbrauch dokumentiert. Andererseits sind in diesem Zusammenhang die technischen Voraussetzungen für zukünftig hohe Datenvolumen zu hinterfragen, d.h. insbesondere die Versorgung mit echten Breitbandzugängen (z.B. FTTH). Es ist festzustellen, dass die Erneuerung der Kommunikationstechnik (all-IP) vom privatwirtschaftlichen Sektor ausgeht und erst mit Verzögerung in den Haushalten stattfindet. Nach einem Bericht von OIDA (Opto-electronic Industry Development Association) können die folgenden Trends in Europa im nächsten Jahrzehnt erwartet werden.

- 2015 Haushalte haben Anschluss zu Bandbreiten bis zu 1 Gbps pro Nutzer
- 2015 Urbane Netze haben durchschnittliche Übertragungsraten von 10 Gbps
- 2015 Kernnetze (Backbone) haben Übertragungsraten von 40 Gbps
- 2015 Gesamte Übertragungskapazität pro Betreiber wird im Bereich von 100 Tbps

Für Deutschland ist zu konstatieren, dass ein Ausbau symmetrischer Breitbandnetzwerke (ca. 100 Mbit/s) notwendig erscheint, um das vermutete Datenaufkommen im privaten Endkundenbereich effizient zu realisieren. In großen asiatischen Metropolen wie Hongkong, Seoul, Tokio und Singapur, aber auch Nordamerika ist ein Trend hin zur Erhöhung der Bandbreite durch Ausweitung des Netzes mit optischen Glasfaserkabeln näher zum Nutzer zu sehen. Die Förderer von Fiber to the Home (FTTH) sehen darin die Möglichkeit den bisherigen Engpass auf der „Last Mile“ zu umgehen. In Europa sind bisher aber hauptsächlich in Schweden und Italien Trends zur Verbreitung von FTTH zu beobachten.

Fazit:

Das höchste Datenvolumen wird in privaten Haushalten generiert. Damit ist auch der Datenverkehr in die Haushalte und langfristig aus den Haushalten hinaus gemeint. Diese Entwicklung wird sich auf den Stromverbrauch der Haushalte zunächst negativ auswirken. Mit anderen Worten ausgedrückt; bei bestehender Netzwerk- und Endgerätechnik kommt es zu Engpässen in der Datenübertragung und damit zu einer längeren Betriebsdauer der Geräte. Des Weiteren wird auch hier die Netzwerk-Bereitschaft den Stromverbrauch steigern. Im Gegensatz zu Unternehmen oder größeren Institutionen verfügen private Endkunden nur selten über die finanziellen Möglichkeiten eines häufigen Technologiewechsels. Bei rund 40 Millionen Haushalten in Deutschland wirken sich technologische Effizienzgewinne in der Breite nur mit einer langen zeitlichen Verzögerung aus. Bedarf entsteht in einer flächendeckenden „echten“ Breitbandanbindung von Haushalten und alternativen Datenverarbeitung und Speicherkonzepten (siehe Thin Clients).

2.2.4 # 04: Triple Play Datenverkehr benötigt Next Generation Networks

Das White Paper „Next Generation Networks“ [T-Systems, 2007] identifiziert folgende Marktentwicklung: „In den Mittelpunkt neuer Geschäftsmodelle rückt das Bündeln von Telefonieren, Internet und Fernsehen, was in der Telekombranche auch als **Triple Play Services** bezeichnet wird.“ Vor diesem anwendungsbezogenen Hintergrund ist die künftige Entwicklung bzw. Erneuerung der Zugangs- und Transportnetze – Next Generation Networks – anzusehen. Grundsätzlich besteht die Anforderungen nach „Bandbreite für alle, immer und überall“. Doch im Detail sind sich die Experten hinsichtlich technischer Leistungsparameter, Technologien und Netzarchitekturen nicht einig. Das beginnt schon bei der Definition eines breitbandigen Netzzuganges.¹⁶ In Deutschland ist in den letzten Jahren der Glasfaser- und DSL-Ausbau¹⁷ im kommerziellen und zunehmend privaten Bereich vorangetrieben worden. Dabei sind hybride Teilnehmeranschlüsse gemeint, die für das letzte Stück der Übertragungsstrecke zum Kunden keine Glasfaser sondern noch verdrehte Kupferleitungen nutzen. ADSL 6000 (über ISDN) ermöglicht beispielsweise heute maximale Bitraten bis zu 6 Mbit/s, ADSL2+ bis zu 20 Mbit/s und VDSL2 bis zu 50 Mbit/s (asymmetrisch) im Download.

Bis Ende des Jahres will die Deutsche Telekom eine Netzabdeckung von rund 96% realisieren. Im vergangenen und laufenden Jahr wurden laut Deutsche Telekom 200 Millionen Euro investiert. 400.000 Haushalte würden 2008 neu an das Highspeed-Netz angeschlossen, davon rund 140.000 in bisher nicht erschlossenen Gebieten. Laut der Studie „Deutschland online – Unser Leben im Netz“ [Wirtz 2008] wird die Zahl der Breitband-Anschlüsse erheblich ansteigen. Im Jahr 2010 sollen bereits über 21 Mio. Anschlüsse und im Jahr 2015 mehr als 29 Mio. vorhanden sein. Das bedeutet, dass über 80% aller deutschen Haushalte 2015 einen Breitband-Anschluss haben werden.

In den Expertengesprächen ist darauf hingewiesen worden, dass ein forciertes Ausbau des Zugangnetzes mit symmetrisch verfügbaren hohen Bitraten (100 Mbit/s bis 1 Gbit/s) mittelfristig, d.h. ab etwa 2015, auch für den privaten Endkunden unumgäng-

¹⁶ Die als doppelte ISDN-Geschwindigkeit (>128 kbit/s) in Deutschland angesetzte Definition für Breitband ist nach Stand der Technik veraltet. Die Bundesregierung stellt in einer parlamentarischen Anfrage im August 2008 eine Revision in Aussicht, nach der die Breitbanddefinition auf 1 Mbit/s im kommenden Jahr festgelegt werden soll. Zu bedenken ist, dass Breitbandanschlüsse symmetrisch ausgelegt werden müssen, um die wachsenden Anforderungen beim Hochladen zu erfüllen.

¹⁷ DSL (Digital Subscriber Line) bezeichnet eine Reihe von Technologien für eine relativ hohe Bitübertragung von bis zu mehreren Mbit/s asymmetrisch über einfache Kupferleitungen. In Deutschland werden derzeit verschiedene Varianten von ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) und VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line) ausgebaut.

lich wird. Die Europäische Technologie Plattform Photonics 21 kommt in einem Strategiepapier aus dem Jahr 2006 [Photonics 21, 2006] zu der Einschätzung, dass nur ein flächendeckender Ausbau von „skalierbaren Netzwerken auf Basis optischer Signalverarbeitung“ den wachsenden Bedarf an Bandbreite für Information und Kommunikation sicherstellen kann. In diesem Zusammenhang wird von optischen Kommunikationsautobahnen (optical communication highways) gesprochen, welche die heutige Kapazität um das 100- bis 1.000-fache übersteigen. Perspektivisch werden sich die Glasfasernetze von den Fernverkehrsnetzen (Backbone Networks), über die urbanen Netze (Metropolitan Networks) hin zu den Zugangsnetzen bzw. Endkundenanschlüssen (Access Networks) entwickeln. Photonics 21 zitiert einen Bericht der OIDA (Optoelectronic Industry Development Association), welche folgende Leistungsparameter für die durchschnittliche Datenübertragungskapazität mittelfristig, d.h. bis zum Jahr 2015, gefordert sieht:

- Backbone (Fernverkehrsnetze) haben Übertragungsraten von 40 Gbit/s
- Metro (Urbane Netze) haben Übertragungsraten von 10 Gbit/s
- Access (Hausanschlüsse) haben Übertragungsraten von 1 Gbit/s

Ein wichtiges Stichwort in diesem Zusammenhang ist daher Fiber to the Home (FTTH) bzw. entsprechende Konzepte (FTTX) zur weitestgehend durchgängigen Anbindung von Endkunden ans Glasfasernetz. In großen asiatischen Metropolen wie Hongkong, Seoul, Tokio und Singapur, aber auch Nordamerika ist dieser Trend deutlich zu sehen. In Europa ist FTTH bislang hauptsächlich in Schweden und Italien zu beobachten. Sie werden stark subventioniert. In Deutschland werden seit geraumer Zeit Vorbereitungen für einen Glasfaserausbau auf Basis von PON (Passive Optische Netzwerke) getroffen. Entsprechende Kabel mit einem Durchmesser von 2,0 mm werden bereits in bestehende Rohrsysteme städtischer Kanalisation installiert. Damit wird zumindest im städtischen Bereich eine schnelle, kostensparende Anbindung an Gebäude vorbereitet. Zum aktuellen Stand dieser Maßnahmen konnten keine Angaben ermittelt werden. Im Hausbereich ist die Verlegung über existierende Telefon- und Elektrokanäle eine kostengünstige Möglichkeit. Insgesamt wird jedoch ein flächendeckender Glasfaseranschluss aller 39 Millionen Haushalte sehr teuer sein. In Kreisen der Deutschen Telekom wird mit ca. 1.000 € pro Anschluss gerechnet. Dabei sind jedoch Unterschiede hinsichtlich des städtischen und ländlichen Ausbaus zu konstatieren. Die Vor- und Nachteile optischer Netze werden im Folgenden nochmals kurz zusammengefasst.

Die Vorteile von Glasfasernetzen ergeben sich aus der Technologie:

- hohe Übertragungsraten im Gigabit- bis Terabit-Bereich
- große Reichweiten durch geringe Dämpfung bis zu mehrere hundert Kilometer

- Geringer Stromverbrauch durch weniger Komponenten in der Netzarchitektur
- Unempfindlichkeit gegenüber Funksignalen und elektromagnetischen Feldern
- Geringere Brandlast durch weniger Isolierung im Vergleich zu Kupferkabeln
- Geringer Ressourcenverbrauch gegenüber Kupfer

Die Nachteile von Glasfasernetzen sind verbunden mit der Installation und Wartung:

- Kosten der Verlegung steigen durch Vermeidung mechanischer Belastung (Faserbruch), aufwändige Messtechnik, begrenzte Krümmungsradien der Faser¹⁸
- Kosten der Verlegung sinken durch nicht notwendige Erdung, Potentialausgleich, Abschirmung und Überspannungsschutz

Aus technischer Sicht bietet ein strategischer Ausbau von durchgängigen Glasfasernetzen bis zum Endkunden (FTTX) die Möglichkeit, nicht nur Kapazitätsengpässe im Netz zu vermeiden, sondern, nach Aussagen von Experten, auch die Energieeffizienz im System zu verbessern. Die Energieeffizienz wird hierbei sowohl von der Technologie (optische und opto-elektronische Komponenten) als auch der Signalübertragungstechnik und Datenkompression bestimmt. Hinzu kommen die Möglichkeiten eines Power-Managements und Standby in Netz, d.h. die bedarfsgerechte Zu- und Abschaltung von Systemelementen. Aufgrund fehlender Vergleichsmethoden und Daten kann das vermutete Stromsparmultipotential derzeit nicht quantifiziert werden.

Gleichwohl durchgängige Glasfasernetze bis zum Endkunden (FTTH) die größtmögliche Kapazität für Datenübertragung und Stromsparmultipotentiale aufweisen, sind für die weitere Entwicklung auch die spezifischen Marktbedingungen in Deutschland zu berücksichtigen. Traditionell wurden Kommunikationsnetzwerke nach Funktion und räumlicher Entfernung klassifiziert, da auf diesen Ebenen auch unterschiedliche Netzwerkübertragungstechnologien (z.B. Vermittlungsprotokolle) zur Anwendung kamen. Dieser funktionale und räumliche Ansatz (bzw. diese traditionellen Marktgrenzen) löst sich heute durch Konvergenzprozesse allmählich auf. Mit der raschen Zunahme der Internetnutzung haben sich bei der Netzwerkübertragungstechnologie standardisierte Protokolle wie *TCP/IP (Transport Control Protocol / Internet Protocol)* durchgesetzt. Mit einheitlichen IP-Standards (all-IP) können Sprach-, Video-, und Datenübertragung auch über viele Teilnetze unterschiedlicher Art realisiert werden. Den Nutzer interessiert nur die Dienstleistung (Triple Play Services) an sich und nicht die technische Realisierung.

¹⁸ Hinsichtlich der Krümmungsradien von Glasfaserkabeln – ein Argument bei der Verlegung – hat die technische Entwicklung gute Fortschritte gemacht. So sind am Markt entsprechende Produkte verfügbar.

Netzbetreiber aus den Bereichen Telekom, Internet, Mobilfunk, Kabel- und Satellitenfernsehen teilen sich derzeit den Netzzugangsmarkt. Alle sind in der Lage eine gewisse Bandbreite für digitale Datenübertragung anzubieten (siehe Abbildung 18).

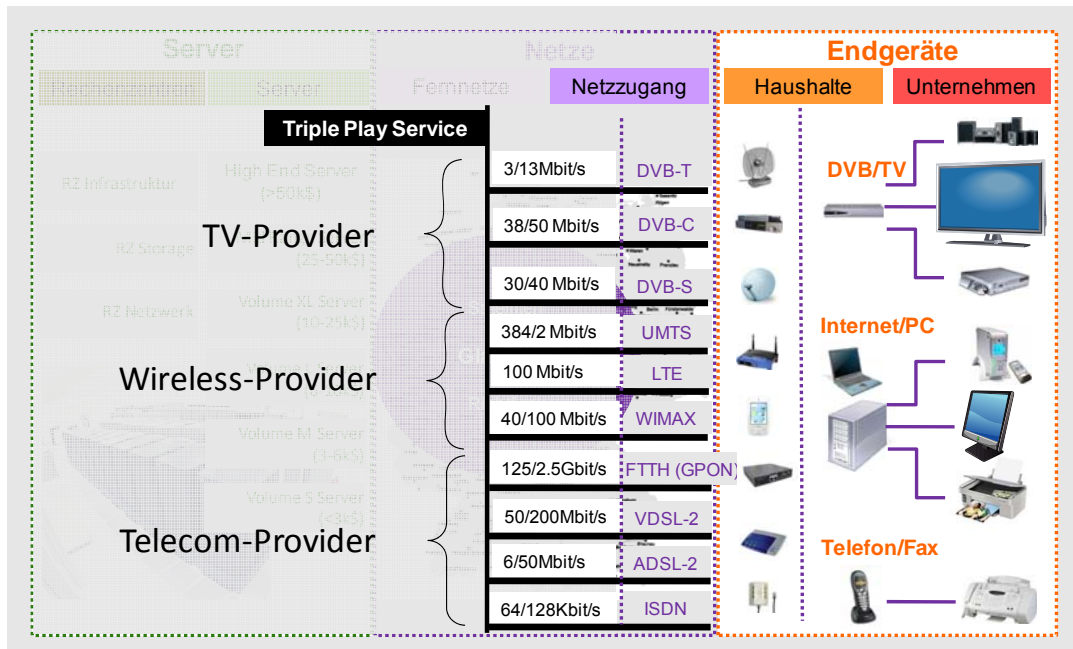


Abbildung 18 Maximale Übertragungsraten einzelner Netzzugangsplattformen

Diese technische Vielfalt und die traditionelle Entwicklung einzelner Marktsegmente (z.B. Fernsehen) werden auch in Zukunft zu einer hybriden Netzzugangsstruktur führen. In ländlichen Gebieten bietet eine Kombination von Richtfunk und Festnetz sowie Mobilfunk und WLAN im Netzzugang sicherlich erhebliche Kostenvorteile. Im städtischen Bereich werden hybride Glasfaser/Kupferanschlüsse (DSL) und rein optische Anschlüsse (PON) trotz hoher Kosten langfristig größte Verbreitung finden. Schwierig einzuschätzen ist die Entwicklung bzw. die Marktposition der Anbieter von Kabel- und Satellitenfernsehen. Deren Technologie ist nur bedingt Triple-Play-fähig, da ausreichend symmetrische Bandbreite fehlt. Andererseits haben diese Dienste einen großen traditionellen Kundenstamm. Inwiefern mit IPTV und HDTV ein technischer und wirtschaftlicher Zugzwang auf diese Unternehmen ausgeübt wird und welche Folgen diese haben ist abzuwarten. Schließlich wird der kommerzielle und private Kunde die Leistung, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit eines Angebotes prüfen. Auch die Dienstgüte (Quality of Service) und eine nahtlose Verschmelzung von Festnetz und Mobilfunk (Fixed Mobile Convergence) sind entscheidende Kriterien. Das technische Angebot ist hierfür groß und Benchmarks fehlen.

Fazit:

Die Kapazität der Zugangs- und Transportnetze muss mittelfristig deutlich gesteigert werden, um den kontinuierlich Zuwachs des Datenverkehrs effizient abwickeln zu können. Engpässe im Netz wirken sich wie bereits mehrfach betont negativ auf den Stromverbrauch aus. Nur ein fließender Datenverkehr ist effizient. Das Bildnis der Datenautobahn ist an dieser Stelle angebracht. Das Netz der Zukunft wird ein Hybrid von drahtgebunden und drahtlosen Technologien bzw. Infrastrukturkomponenten sein. Der Stromverbrauch wird von der Kombination dieser Komponenten abhängig sein. Große Datenvolumen lassen sich am energieeffizientesten über Glasfaser transportieren. Eine Luftschnittstelle (Funk) benötigt hingegen mehr Energie und ist damit weniger geeignet für echte Breitbanddienste. Forschungsbedarf besteht hinsichtlich einer wissenschaftlich fundierten Methode bzw. eines Modells zur Ermittlung der nutzungsbedingten Energieeffizienz einer spezifischen Netzkonfiguration. Für richtige Planungsentscheide und schließlich die reale ökologische und ökonomische Effizienz zukünftiger Netze (NGN) sind standardisierte Methoden für eine vergleichende Wertung (Benchmarks) eine grundlegende Voraussetzung. Der nachhaltige Ausbau eines ubiquitär zugänglichen Breitbandnetzes mit hohen symmetrischen Übertragungsraten von ca. 100 Mbit/s stellt eine volkswirtschaftlich wichtige und damit strategische Aufgabe dar.

2.3 Anwendungen und Inhalte

2.3.1 # 05: IP-Video aller Art

Der zunehmende Datenverkehr wird durch die größeren Datenmengen im Zusammenhang mit Internet-Video/TV und digitalem Fernsehen über Kabel, Satellit und Antenne erzeugt. Die Cisco Studie liefert einige Abschätzungen für die Mengen und Inhalte des westeuropäischen IP-Verkehrs von 2006 bis 2012¹⁹. Folgende IP-Segmente werden in diesem Zusammenhang unterschieden:

- Web, Email, Data (beinhaltet Surfen im Internet, Emails, Newsgroups und die Übertragung von nicht-kommerziellen Dateien)
- P2P (beinhaltet Verkehr aller bekannten Systeme wie BitTorrent oder eDonkey)
- Gaming (beinhaltet Online- bzw. Netzwerk-Spiele sowie virtuelle Welten mit mehreren Spielern)

¹⁹ Die Cisco-Prognose ist eine gute Basis für die vorliegende Studie. Diskussionen mit Experten in den Workshops deuten darauf hin, dass die von Cisco argumentierten Trends auch für Deutschland tendenziell richtig sind. Eine Quantifizierung der Cisco-Daten für Deutschland war im Rahmen der Studie nicht möglich.

- VoIP (Voice over IP) beinhaltet Internet-Telefonie
- Video Communication (beinhaltet Endkunden Video-Telefonie (z.B. Skype), Webcams und Monitoring)
- Internet Video to PC (beinhaltet kostenloses VoD, TV und Pay TV am PC)
- Internet Video to TV (beinhaltet kostenloses VoD, TV und Pay TV, die über eine Set-Top-Box oder Media-Gateway auf einem Fernseher geschaut werden)
- Consumer Cable TV/IP-Video Traffic (beinhaltet Kabelfernsehen und VoD)
- Business Internet IP-Traffic (beinhaltet kommerzielle Internet-Nutzung)
- Business IP WAN Traffic (beinhaltet kommerziellen IP-Verkehr innerhalb von Unternehmensnetzwerken)
- Mobile Data / Internet (beinhaltet IP-Verkehr über Mobilfunk und WLAN)

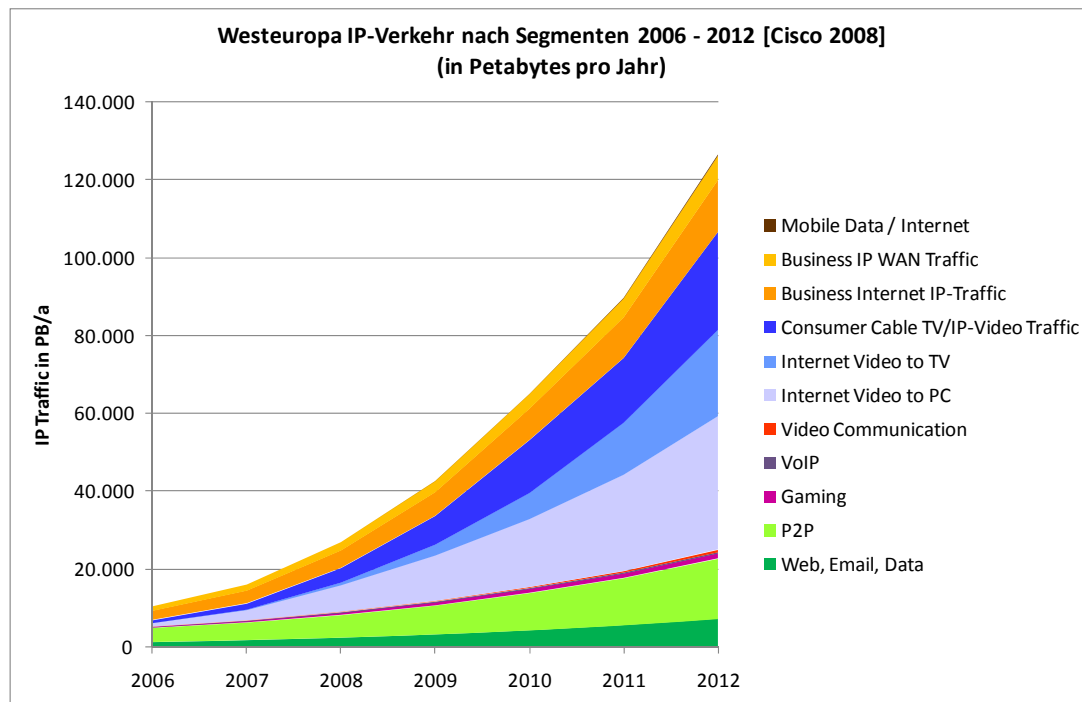


Abbildung 19: Westeuropa IP-Verkehr nach Segmenten 2006-2012 (nach Cisco 2008)

Tabelle 4: Westeuropa IP-Verkehr 2006-2012 (nach Cisco 2008)

Westeuropa IP-Verkehr	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	CAGR '07-'12
Web, Email, Data	1.356	1.836	2.460	3.288	4.368	5.628	7.248	32%
P2P	3.648	4.536	5.808	7.440	9.612	12.168	15.588	28%
Gaming	192	360	576	804	1.008	1.128	1.260	28%
VoIP	72	120	180	228	276	324	360	24%
Video Communication	60	84	120	156	204	324	636	75%
Internet Video to PC	996	2.724	6.852	11.700	17.508	24.744	34.224	66%
Internet Video to TV	36	168	732	2.832	6.732	13.416	22.176	167%
Consumer Cable TV/IP-Video	708	1.512	3.708	7.344	13.548	16.536	25.104	75%
Business Internet IP-Traffic	2.355	3.256	4.489	6.086	8.060	10.457	13.372	32%
Business IP WAN Traffic	1.185	1.604	2.159	2.878	3.808	4.951	6.332	32%
Mobile Data / Internet	1	2	10	28	77	171	357	171%
Gesamt (in PB/a)	10.609	16.202	27.094	42.784	65.201	89.847	126.657	

Tabelle 4 und Abbildung 19 zeigen die von der Cisco-Studie adaptierten Daten für den jährlichen IP-Verkehr einzelner Segmente in Westeuropa. Zunächst ist festzustellen, dass der gesamte Endkundenanteil (Consumer) für Westeuropa im globalen Vergleich prozentual höher ausfällt. Er steigt von ca. 75% in 2008 auf fast 85% in 2012. Betrachtet man die einzelnen Endkundensegmente so fällt auf, dass der Anteil des nicht-Internet-basierten IP-Verkehrs (Kabel TV/VoD) von ca. 18% in 2008 auf fast 24% in 2012 steigt. Zudem wächst der Internet-basierte Videoanteil, d.h. die drei Segmente „Video Communication“, „Internet Video to PC“ und „Internet Video to TV“. Das Segment mit dem nominal größten Wachstum ist „Internet Video to PC“. Es wächst von 6.852 PB in 2008 auf 34.224 PB in 2012 stark an und macht in 2012 etwa 27% des gesamten IP-Verkehrs in Westeuropa aus. In Zahlen für Westeuropa ausgedrückt, machen Video und TV (Gaming wird aufgrund der hohen Grafikleistung in die Rechnung intergiert) im Jahr 2008 etwa 11.988 PB und 2012 etwa 83.400 PB aus, was einem Anstieg von 44,2% (2008) auf 65,8% (2012) entspricht. Der Endkundenanteil von Video und TV fällt mit einem Anstieg von 58,6% auf 78,2% entsprechend noch höher aus.

Streaming und Download von Musik und Videos aus freien und kostenpflichtigen Internetportalen dominieren den IP-basierten Datenverkehr. Cisco wertet Video on Demand (VoD)²⁰ als eine entscheidende Entwicklung bzw. Anwendung, welche sich nachhaltig auf die Internetnutzung und damit auch auf den IP-Verkehr auswirkt. Es wird eingeschätzt, dass die Qualität (Auflösung) des Videoangebotes mit leistungsfähigeren Servern und Netzwerken steigen wird. Hiermit wird auch ein Wechsel von der Output-Plattform PC-Monitor zu größeren TV-Geräten erfolgen:

²⁰ Videoportale im Internet (z.B. youtube.com; metacafe.com; dailymotion.com; clip-fish.de; myvideo.de; Videosuche bei Google, Yahoo etc.)

- Die erste Stufe „**Internet Video to PC**“ erhöht bis 2010 das mengenmäßige Datenvolumen im Downstream (Westeuropa CAGR 2007-2012 etwa 66%).
- Die zweite Stufe „**Internet Video to TV**“ führt bis 2015 zu einer weiteren Steigerung des Datenvolumens im Downstream, wobei ein wesentlicher Treiber hierbei, die für TV notwendig höhere Bildqualität ist (Westeuropa CAGR 2007-2012 etwa 167%).

Die nachfolgende Abbildung 20 zeigt die von Cisco definierten drei Wellen von IP-Video zusammen.

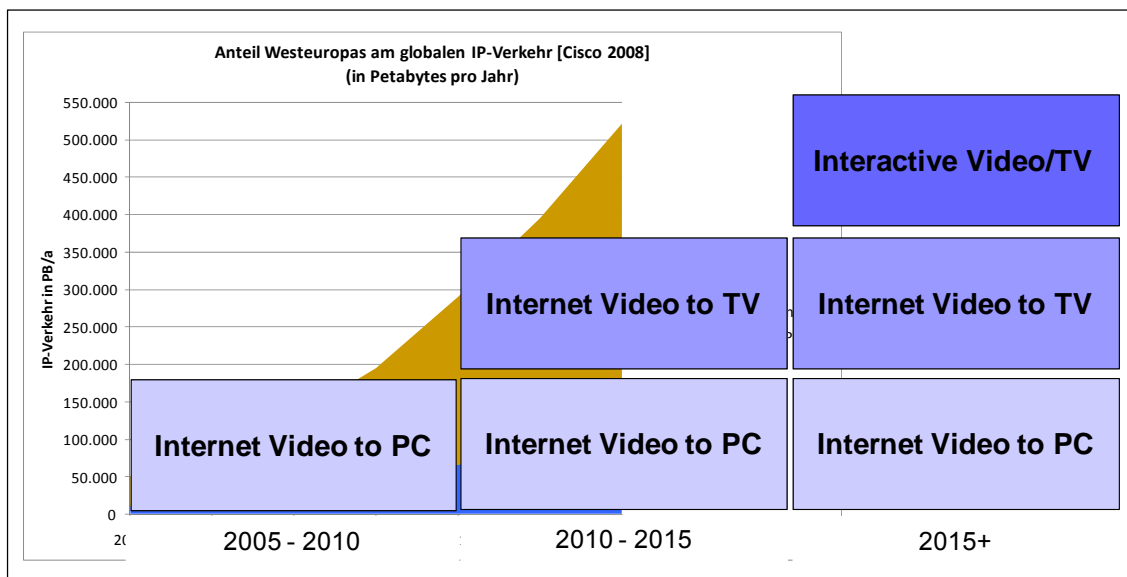


Abbildung 20: Drei Wellen von IP-Video (nach Cisco 2008)

Fazit:

Zwei Drittel des künftigen Datenverkehrs werden durch „IP-Video aller Art“ bestimmt. Dieser Trend könnte sich deutlich auf den Stromverbrauch von Computern und Displaysystemen in den Haushalten auswirken. Das stetig wachsende Medienangebot (VoD) wird die Nutzungsmuster beeinflussen. Der Stromverbrauch wird weniger durch die Signalverarbeitung (hier gibt es sehr effiziente Prozessoren) als von der Displaygröße und Displaytechnologie bestimmt. Wir gehen davon aus, dass mit höherer Bildqualität auch VoD über die deutlich größeren TV-Displays angeschaut werden. Entsprechend muss die intensivere Nutzung der Fernseher bzw. auch die Nutzung von Zweitgeräten in der Prognose berücksichtigt werden.

2.3.2 # 06: Digitales Fernsehen und IPTV

Der Trend zu digitalem High Definition Fernsehen zeichnet sich für die kommende Dekade ab.²¹ Die vollständige Umstellung von analogen zu digitalem Fernsehen oder genauer gesagt Digital Video Broadcast (DVB) ist in Deutschland noch nicht vollzogen. Der sogenannte „Analogue Switch-off“, d.h. die komplette Umstellung auf DVB, steht noch aus. In der Diskussion ist derzeit das Jahr 2012. Damit liegt Deutschland im europäischen Vergleich zurück. Angaben der Unternehmen und Verbände zur Ausstattung deutscher Haushalte mit digitalem Fernsehen variieren. Laut Angaben der ASTRA Deutschland GmbH empfangen Ende des Jahres 2007 lediglich 45% aller deutschen Haushalte digitales Fernsehen. Eine 100%ige Digitalisierung erfolgte bereits beim terrestrischen Fernsehen (DVB-T). Die Haushalte mit Satellitenanschluss (DVB-S) sind zu rund 60% digitalisiert. Beim Kabel-TV (DVB-C) ist festzustellen, dass gleichwohl die Kabelnetze bereits zu 100% digitalisiert sind, nur 23% der Haushalte mit Kabelanschluss den digitalen Verbreitungsweg nutzen. Da jedoch Kabelfernsehen in Deutschland mit fast 18 Millionen Haushalten den größten Marktanteil hat, wirkt sich dieser Umstand negativ auf die Gesamtbilanz aus. Tabelle 5 zeigt die Versorgung deutscher Haushalte mit digitalem Fernsehen basierend auf Angaben der ASTRA Deutschland GmbH und Anga Verband Deutscher Kabelnetzbetreiber.

Tabelle 5: TV-Empfang in deutschen Haushalten

	Haushalte	Antenne	Kabel	Satellit	IPTV
TV gesamt	37,0 Mio.	2,3 Mio.	17,9 Mio.	16,7 Mio.	0,1 Mio.
TV digital	16,4 Mio.	2,3 Mio.	4,1 Mio.	9,9 Mio.	0,1 Mio.

Im Zusammenhang mit der Umstellung auf digitales Fernsehen sind zwei Aspekte für die Trendanalyse interessant. Die Digitalisierung ermöglicht eine effizientere Bandbreitennutzung, was den Stromverbrauch der Signalübertragung grundlegend senkt. Zudem werden im terrestrischen Bereich Frequenzen (470 bis 860 MHz) frei – Stichwort Digitale Dividende. Mobilfunkbetreiber haben ein hohes Interesse an diesen für sie sehr effizienten Frequenzen. Sie argumentieren damit insbesondere den ländlichen Raum besser mit breitbandigem Mobilfunk versorgen zu können (siehe zur Netzent-

21 Gleichwohl das Fernsehen traditionell der Unterhaltungselektronik (Consumer Electronics) zugeordnet wird, ist im Zeitalter der Digitalisierung und zunehmenden Konvergenz von Dienstleistungsangeboten (siehe Triple Play Services), eine klare Abtrennung zur IKT nicht möglich. Die Cisco-Studie kommt zu dem Ergebnis, dass HD-Video/TV-Angebote ebenfalls stark wachsen wird (Westeuropa CAGR 2007-2012 etwa 75%).

wicklung auch Kapitel 2.2.4). Gleichzeitig gibt es Marktüberschneidungen mit anderen Bereichen. So werden diese Frequenzen auch für Funkmikrofone in der Unterhaltungsindustrie genutzt. Eine politische Entscheidung ist abzuwarten.

Ein weiterer Trend ist **Internet-basiertes Fernsehen (IPTV)**. IPTV ist ein Angebot eines Providers, welcher dem registrierten (zahlenden) Kunden TV-Inhalte mit Qualitätsgarantie zur Verfügung stellt. Das Angebot kann lineare TV-Ausstrahlung (Broadcasting) als auch Angebote einer Mediathek beinhalten. Web-TV hingegen ist ein freies TV-Streaming aus dem World Wide Web ohne Qualitätsgarantie. Mit zunehmender Qualität der Internet-basierten TV-Angebote wird der Druck auf eine Erneuerung der Netze und mehr Breitband wachsen. Die vom BITKOM und dem britischen Partnerverband *intellect* organisierte Konferenz „HDTV-across-Europe“ (Berlin, 14./15. Oktober 2008) wies in diesem Zusammenhang auf die Themen Qualität der Inhalte, effektive Suchmaschinen und Mediathek-Portale hin. Öffentlich-rechtliche Sendeanstalten sehen die Gefahr eines Qualitätsverlustes. Nach manchen Einschätzungen ist der deutsche TV-Konsument eher konservativ und möchte eine kommentierte Programmauswahl. Dennoch wird die junge Generation gezielter nach Inhalten im weltweiten Netz suchen. Nach einer Prognose von Goldmedia/BITKOM werden ab 2010 etwa eine Millionen IPTV-Haushalte erwartet, ab 2012 etwa 2,5 Millionen. Diese Prognose beschreibt den hohen Wettbewerb nicht nur im TV-Markt sondern im erweiterten Triple-Play Angebot. Unserer Meinung nach werden Triple-Play Angebote, welche auf einer technischen Plattform beruhen, die langfristig eine hohe symmetrisch verfügbare Bandbreite garantieren kann, den TV-Markt maßgeblich mitbestimmen. Dies umso mehr, da sich mit der Digitalisierung und den technischen Möglichkeiten zur Herstellung großflächiger Flachbildschirme zwangsläufig auch eine Umstellung von der Standardauflösung (SD) zu hochauflösenden Videobildformaten (HD) vollzieht. Diese technische Entwicklung hat Auswirkungen auf Signalübertragung (benötigte Bandbreite) und Signalverarbeitung und damit auch auf den Stromverbrauch (siehe Kapitel 2.5.1).

Fazit:

Die Digitalisierung des Fernsehens ist aufgrund komplexer Marktstrukturen in Deutschland noch nicht völlig vollzogen. Es bleibt abzuwarten, welche Plattformen sich durchsetzen werden. Langfristig werden höhere Bandbreiten für HDTV benötigt. Terrestrische Antennen, Koaxialkabel und auch der Satellitenempfang stoßen langfristig an technische Grenzen. In der Prognose müssten diese Veränderungen bei den Infrastrukturkomponenten berücksichtigt werden. Leider stehen entsprechende Daten nicht zur Verfügung.

2.3.3 # 07: IP-basierte Sprach- und Videokommunikation

Internet-basierte Sprachkommunikation **VoIP** (Voice over IP) und Videokommunikation (Real Time Video Communication) werden mittelfristig im geschäftlichen und privaten Umfeld ebenfalls deutlich zunehmen. Die technischen Voraussetzungen hierfür sind geschaffen (siehe all-IP). Treiber dieser Entwicklung sind bereits existierende und stark wachsende IP-basierte Telekonferenzplattformen wie Skype, MSN Messenger oder SIPPS. Mit steigender Video-Qualität (VGA-Auflösung bis Full-HD) wird die Notwendigkeit zum Ausbau von Hochgeschwindigkeits-Internetzugängen mit Bitraten von etwa 5 bis 20 Mbit/s pro Datenstrom erfordern.

In diesem Zusammenhang sind zwei aktuelle Trends zu unterscheiden. Mit Skype ist eine unentgeltliche, proprietäre VoIP-Software erhältlich, die einfache Videotelefonie über das Internet dem Endkunden ermöglicht. Andererseits werden für den geschäftlichen Bereich hochauflösende (HD) Videokonferenzsysteme angeboten, die u.a. auch vor dem Hintergrund des Klimaschutzes aber insbesondere im Hinblick auf Produktivitätssteigerungen bei Unternehmen auf Interesse stoßen. Die Einsparung von Geschäftsreisen und die damit verbundene Reduktion von CO₂-Emissionen sind relevante Argumente, gleichwohl eine Quantifizierung noch aussteht. Ein Stichwort in diesem Zusammenhang ist Virtual Mobility und die Frage, ob IKT wirklich diese Reduktion bewirkt oder nicht eher noch mehr Kontaktmöglichkeit schafft, bzw. neue Zeiträume für Reisen öffnet [Arnfolk 2002]. Der aktuelle Diskussionsstand zu dieser These soll an dieser Stelle nicht dargelegt werden.

Die folgende Trendanalyse fokussiert auf die technischen Anforderungen von Echtzeit-Videokonferenz und deren Auswirken auf den Stromverbrauch [Kien 2008]:

- Entscheidend für die Qualität der Bild- und Tonübertragung ist die vorhandene Bandbreite. Eine Videoauflösung von 448 p (DVD-nahe Bildqualität) kann mit einer Bandbreite von 512 kbit/s erreicht werden, empfohlen wird jedoch eine Bandbreite von 768 kbit/s (Standard-Call-Rate).
- 720 p entspricht HD-Ready und kann mit einer Bandbreite von 1,5 Mbit/s realisiert werden.
- Für eine Bildqualität in Full-HD mit progressiver Bilddarstellung ist eine Auflösung von 1.080 p nötig. Solch eine Auflösung erfordert eine Bandbreite von etwa 5 Mbit/s bis 15 Mbit/s pro Datenstrom.
- Für Videokonferenzen setzen manche Systeme auf parallele Übertragung von zwei Signalströmen um sowohl Video als auch Daten (z.B. Präsentationen, Animationen, Tabellen) zu übertragen.

Die von Hewlett Packard angebotene Videokonferenzlösungen Halo Video Exchange Network (HVEN) als auch die von Cisco angebotene TelePresence Solution zeigen den maximalen Ausstattungsumfang. Neben der Breitband-Kommunikationsfähigkeit sind Server, mehrere großflächige Bildschirme (oder Projektoren), rechnergesteuerte HD-Kameras, Audio- und Lichtsysteme Bestandteil des Gesamtsystems^{2223]}.

Fazit:

Die Digitalisierung von Sprach- und Videokommunikation reduziert den Stromverbrauch, wenn entsprechend effiziente Endgeräte, Netzzugänge und Router zum Einsatz kommen. Die Energieeffizienz liegt somit im Systemansatz.

2.3.4 # 08: Interaktive und individualisierte Internetnutzung

Die interaktive Nutzung des Internets wird durch all-IP zunehmen und damit den Bedarf an symmetrischer Breitbandkapazität steigern. Ein wesentlicher Gesichtspunkt hierbei ist auch die Individualisierung von Werbung bzw. Information auf Grundlage der Online-Aktivitäten der Nutzer. Die eigene IP-Adresse hinterlässt Spuren im Netz, die softwarebasiert ausgewertet werden. Die Vor- und Nachteile bzw. die Auswirkungen dieser am Anfang stehenden Entwicklung sind aufgrund fehlender Daten nicht zu beurteilen.

Derzeit tritt die erste Generation ins Arbeitsleben, welche mit Handy, PC, Internet und digitalen Identitäten aufgewachsen ist. Diese Generation erlernte die Interaktion mit digitaler Technik und Medien spielerisch. Daher sind für diese Generation auch die Arbeit und der Konsum mit und im Cyberspace eine „natürliche“ Erfahrung. Von der jungen Nutzergeneration wird die Konstruktion von virtuellen Identitäten im Cyberspace nicht als anonym empfunden. Vielmehr wird der gestalterische Freiraum der virtuellen Welt als positives und ausgleichendes Element zur realen Welt verstanden. Das heißt aber auch, dass die virtuelle Welt ein fester Bestandteil der Persönlichkeit im materiellen Leben wird. Folglich möchte diese Generation stetigen interaktiven Zugang zu dieser virtuellen Welt, wenn möglich, immer und überall haben.

Damit einhergehend werden Inhalte des Internets zunehmend durch die Nutzer selbst gestaltet indem sie z.B. Beiträge für Informationsportale schreiben, sich in Foren austauschen und digitale Bilder und Videos anderen zur Verfügung stellen und tauschen.

22 Halo Meeting Room-Datenblatt:
http://h71028.www7.hp.com/enterprise/downloads/MeetingRoom_LR.pdf

23 Cisco Webseite zur Telepresence:
http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns669/networking_solutions_solution_segment_home.html

Diese sogenannte „Content Revolution“ verändert sowohl die Inhalte als auch die Nutzung des Internet nachhaltig, so dass häufig vom Web 2.0 gesprochen wird. Einfluss auf den Stromverbrauch hat diese Veränderung in dem Sinne, dass nicht nur die Nutzungsdauer der Endgeräte zunimmt (verlängerte online-Zeiten) sondern durch den vermehrten Up- und Download von Daten (speziell Videos) das Datenvolumen und damit das Daten-Routing im Netz zunimmt, was ebenfalls zur Erhöhung des Stromverbrauchs beiträgt.

Auf technischer Ebene ermöglicht „All-IP“ die Verschmelzung (Konvergenz) von Informationsangeboten aus Internet und Fernsehen sowie entsprechende Bezugsplattformen. Der Nutzer nimmt die technischen Herausforderungen einer All-IP-Infrastruktur zur Realisierung dieses konvergenten Dienstleistungsangebotes (Tripple Play Services) nicht wahr, ist sich aber intuitiv der Möglichkeit einer beliebigen Kombination durchaus bewusst. Das Internetprotokoll hilft dabei sowohl dem Dienstleister wie auch dem Kunden. Durch seine Suche nach spezifischen Inhalten hinterlässt der Nutzer im Internet seine Spuren. Insbesondere durch interaktives Agieren der Nutzer im Netz, z.B. der Bewertung von Produkten bei einem Online-Händler oder der Bewertung einer Sendung im Fernsehen, erstellt der Anbieter individuelle Kundenprofile und kann gezielter Inhalte anbieten bzw. werben.

Der Trend geht hierbei auf der einen Seite vom „Internet to PC“ zu „Internet to TV“ und auf der anderen Seite von „TV to Internet“, d.h. einer neuen Form des „Teleshopping“²⁴. Was im Online-Shopping über PC und Internetzugang zum Alltag geworden ist, wird nun auch bei Werbesendungen im Fernsehen über interaktive Menüs möglich werden. Unter dem Schlagwort „Medienkonvergenz der Zukunft“ kooperieren Fraunhofer FOKUS und die Mediengruppe RTL Deutschland mit dem Ziel lineare Fernsehprogramme und nicht-lineare Internetinhalte zu einem interaktiven und personalisierten Angebot zu verbinden. Technische Basis dafür ist das von FOKUS entwickelte IPTV-System, das sowohl die Set-Top-Boxen als auch den PC und jedes beliebige Endgerät in eine gemeinsame Medienwelt integriert. Am Beispiel neuer Werbekonzepte werden die Möglichkeiten für interaktive und personalisierte Programmgestaltung anschaulich demonstriert. Interaktives Fernsehen setzt eine wachsende Rückkanalfähigkeit der Infrastrukturen voraus. BITKOM [2008] und Wirtz [2008] sind zuversichtlich, dass diese Breitbandkapazität nach und nach ausgebaut wird. Die Auswirkungen dieser Entwicklung auf den Strombedarf sind weiterhin zu prüfen.

²⁴ Fraunhofer-Institut Fokus auf dem Technisch-Wissenschaftlichen Forum der IFA 2008.

Fazit:

Zunächst ist festzustellen, dass sich mit der unbestrittenen Zunahme der interaktiven Nutzung des Internets durch nutzergenerierte Portale zum Zweck der Information (z.B. Wikipedia), Unterhaltung (z.B. YouTube) und Kommunikation (z.B. Second Life), auch die individuellen Online-Zeiten verlängern. Somit werden Netzzugangskomponenten und Endgeräte täglich ggf. über längere Zeiträume genutzt. Zugleich wird die Vernetzung zu einer dauerhaften Netzwerkbereitschaft (Netzwerk-Standby) führen. Schließlich wird interaktive Nutzung grundsätzlich den Bedarf an leistungsfähigen Endgeräten und breitbandigen Netzzugängen im Hin- und Rückkanal erhöhen.

2.3.5 # 09: Flatrate oder neue Kostenmodelle

Die bisherige Trendanalyse bringt deutlich zum Ausdruck, dass IP-Video/TV einen großen Anteil am künftigen Datenverkehr haben wird. Dieser Anstieg wird sich in mehrfacher Hinsicht auf Industrie und Kunden auswirken. Entscheidendes Kriterium ist die Belastbarkeit und Güte der Netze. Ein Ausbau der Netze und eine adäquatere Breitbandversorgung scheinen unumgänglich. Die Geschäfts- und Kostenmodelle der Provider werden hierauf reagieren müssen um das neue Netz zu finanzieren. Die folgenden Ausführungen basieren auf einem Artikel in der Technologie Review (08/2008) mit dem Titel „Das letzte Bit“. In diesem Artikel werden sehr anschaulich die weitreichenden Folgen des rasch wachsenden Datenverkehrs und des damit verbundenen Dilemmas für die Netzbetreiber untersucht.

Neben dem Netzzugang sind die Router jene Engpässe, die zu Verzögerungen z.B. beim Aufbau von Webseiten im Browser führen. Das Transmission Control Protocol (TCP), welches die Übertragungsraten steuert, halbiert daher die Senderaten bei Verzögerungen. Verzögerungen sind aber in der paketbasierten Datenübertragung bei IP-Video oder IPTV nicht zulässig, da ansonsten z.B. das Videobild ins Stocken geraten würde. Um dies zu verhindern, müssten insbesondere die hochbitratigen Video-Pakete vorrangig behandelt werden. Doch die Bevorzugung einzelner Datenpakete im Netz würde die Netzneutralität aufheben. Eine Konsequenz wäre ein Ausbau der Netze, um die vom Kunden benötigte Bandbreite bereit zu stellen. Hierbei ist zu bedenken, dass die Kosten für das Netz die Betreiber tragen. Sie profitieren zwar von der Netznutzung, aber nicht in dem Maße wie der Anbieter einer Video-Plattform im Netz. Um dies in den Griff zu bekommen, wird daran gedacht, den Datenverkehr möglicherweise zu reglementieren oder kontingentieren²⁵.

²⁵ Technologie Review 08/2008, S.68ff.

Wie bereits angedeutet besteht die Lösung im Ausbau des Netzes. „Aber die ökonomischen Anreize dafür sind schwach. „Warum soll ich meine Plattform verbessern, wenn jemand anderes damit Geld verdient?“ fragt rhetorisch David Clark, leitender Wissenschaftler am MIT-Labor für Informatik und künstliche Intelligenz und von 1981 bis 1989 oberster Protokoll-Architekt des Internets.“²⁶ Doch die Provider zögern „einen Preis pro Byte festzulegen oder das zulässige Datenvolumen zu deckeln“ und damit die Nutzungskosten an den Kunden weiterzugeben. „Die Kunden seien mittlerweile an Flatrate-Verträge gewöhnt, und dass sei jetzt schwer zu ändern.“ Bob Briscoe, wissenschaftlicher Leiter des Netzwerk-Forschungszentrums von British Telekom (BT), sieht einen Ausweg in einem „monatlichen Kontingent an Paketen, die mit möglichst hoher Priorität weitergeleitet werden, wenn das Netz überlastet ist. Wer dieses Kontingent aufgebraucht hat, müsste sich bei Staus aber hinten anstellen. Der erhoffte Effekt: Die Nutzer gehen sparsam mit ihren Express-Paketen um.“²⁷ Nun, der Trend zu VoD und IPTV mit hoher Auflösung scheint dieser Lösung jedoch einen Riegel vorzuschieben. Gleichwohl Express-Kontingente eine ansprechende Alternative sind, wird das Netz wohl weiter ausgebaut werden müssen, um Video/TV-Dienste zu befriedigen. Schließlich ist dies ein wachsender Wirtschaftszweig.

Fazit:

Die Kostenmodelle werden nachhaltig die Struktur und Nutzung des Internets aber auch des Fernsehens und Mobilfunks bestimmen. Das Internet entwickelt sich zur Basisplattform. Mit immer größeren Datenmengen werden Investitionen nötig und steigen Betriebskosten, die schließlich von den Nutzern bzw. den Dienstleistungsanbietern getragen werden. Den Zusammenhang zwischen einem schnellen Netz und dem Stromverbrauch haben wir bereits mehrfach betont. Die Kostenmodelle werden maßgeblich die Geschwindigkeit des Netzes bestimmen.

2.4 Server und Computing-Konzepte

2.4.1 # 10: Optimierung von Rechen- und Speicherkapazität

Laut BITKOM werden derzeit die vorhandenen Rechenkapazitäten meist nur zu 30% ausgelastet. Zudem werden die Serverräume und Rechenzentren sehr kalt betrieben, was zu einem hohen Energieanteil der Klimatisierungstechnik beiträgt. Ursache dieser suboptimalen Situation bei vielen Unternehmen ist der Umstand, dass die Server-,

²⁶ Ebenda.

²⁷ Ebenda.

Speicher- und Netzwerktechnik kaum konzeptionell und ganzheitlich ausgebaut wurde. So wurde einer optimalen Auslastung und einem energieeffizienten Betrieb nur wenig Augenmerk geschenkt, gleichwohl hier ein erhebliches Optimierungspotential vorhanden ist. Neben vielen individuellen Aktivitäten von Geräteindustrie und Betreibern hat auch die BITKOM das Thema aufgegriffen und mehrere Projekte durchgeführt:

- BMU/Borderstep (2008): Energieeffiziente Rechenzentren, Broschüre zu Best-Practice-Beispiele aus Europa, USA und Asien
- BMU/BITKOM (2008): Energieeffizienz im Rechenzentrum, ein Leitfaden zur Planung, Modernisierung und zum Betrieb von Rechenzentren
- BITKOM (2006): Virtualisierung – eine Überblicksdarstellung und Glossar erstellt vom BITKOM-Arbeitskreis Server- und Betriebskonzepte

Diese aktuellen Studien zeigen, dass eine Optimierung des Gesamtkonzeptes mit einem erheblichen Effizienzgewinn verbunden ist. Neue Mikroprozessoren und Virtualisierung senken den Stromverbrauch der Server um mehr als 20%. Der Betrieb bei höheren Temperaturen von um die 30°C kann eine Reduzierung des Klimatisierungsstromverbrauchs von bis zu 30% bewirken. Trends bei der Optimierung sind:

- Energiesparende Blade-Server mit Mehrkern-Prozessoren und neuen Kühlmethoden wie Wasserkühlung
- Virtualisierungs-Middleware zur besseren Auslastung vorhandener Kapazitäten
- Optimierung der Klima- und Belüftungstechnik für bessere Konvektionskühlung u.a. durch modulare Server/Klimaeinheiten und Temperaturüberwachungssensoren
- Erhöhung der Schwellentemperatur auf Werte von derzeit 18°C bis 23°C auf Werte von 27°C bis maximal 35°C
- Effizientere Netzteile und alternative, modulare Stromversorgungskonzepte u.a. auch direkte Gleichstromversorgung

Fazit:

Modernste Servertechnik, Virtualisierung und Infrastrukturoptimierung haben ein erhebliches Stromsparpotential. Die Betreiber von Rechenzentren werden sich dessen immer mehr bewusst und beginnen den Optimierungsprozess entsprechend ihrer finanziellen Möglichkeiten. Vor diesem Hintergrund wird in der Prognose von einer schrittweisen Reduzierung des Stromverbrauchs bei Servern und Infrastruktur ausgegangen. Gleichzeitig ist anzumerken, dass Serverhersteller für Maßnahmen wie zum Beispiel eine Erhöhung der Schwellentemperatur bei der Kühlung meist keine Garantiegewährleistungen übernehmen. Das Fehlen aktueller Test- und Zuverlässigkeitsstandards kann dazu führen, dass identifizierte Stromsparpotentiale möglicherweise doch nicht in der ganzen Breite zum Tragen kommen.

2.4.2 # 11: Klassenwechsel bei Rechenzentren

Vor dem Hintergrund rasch wachsender Datenmengen gewinnt eine stetige Erweiterung von Server-, Speicher- und Netzwerkkapazitäten für große und kleine Unternehmen sowie für öffentliche Einrichtungen und Behörden immer mehr an Bedeutung. Die Gewährleistung von höchster Verfügbarkeit und Sicherheit ist dabei heute nicht nur für Banken und Behörden eine zentrale Anforderung. Der Bedarf an leistungsfähiger und sicherer IKT steigt ungebremst. Damit nehmen auch Kosten für IKT zu. Es sind jedoch weniger die Anschaffungskosten für neue Rechen- und Speichertechnik als vielmehr die Kosten für die nötige Infrastruktur (Klimatisierung, Stromversorgung, Feuerschutz und Sicherheit), hochbefähigtes Personal (Informatiker, IT-Techniker, Elektriker, Security) und nicht zuletzt steigende Stromkosten, welche derzeit ein Umdenken bei den internen IT-Konzepten – insbesondere hin zu Thin Clients – fördern.

Outsourcen, d.h. die Verlagerung der eigenen Rechen- und Speicherkapazitäten in professionell betriebene, große und hochredundante Rechenzentren (RZ), ist heute ein sehr deutlicher Trend. Dieser Trend kann als Klassenwechsel von konventionellen Serverräumen mit geringer Redundanz zu professionellen Rechenzentren mit deutlich höherer Redundanz bezeichnet werden (siehe Abbildung 21). Redundanz bezieht sich hierbei sowohl auf die Datensicherung (Server und Speicher) als auch auf alle Aspekte der RZ-Infrastruktur (Stromversorgung, Klimatisierung etc.). Betreiber von großen Rechenzentren bestätigen diesen Trend. Sie verweisen in diesem Zusammenhang auf den Ausbau der RZ-Landschaft in Deutschland. So werden an den großen Netzknotenpunkten in Hamburg, Frankfurt a.M., München und Berlin neue, sehr große Rechenzentren mit Anschlussleistungen von über 50 Megawatt gebaut. Laut einzelner RZ-Betreiber lohnen sich die Investitionen nur, wenn die Rechenzentren sehr groß sind. Die feststehenden Infrastruktur- und Betriebskosten sind der entscheidende Faktor. Die Energiekosten gewinnen in diesem Zusammenhang auch immer mehr an Bedeutung. Die Konsolidierung der Server- und Speicherleistung, eine optimale Auslastung der Technik sowie ein effizienter Betrieb der Infrastruktur bestimmen die Effizienz unter Umwelt- und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Erste Benchmarks zeigen, dass große Rechenzentren in dieser Hinsicht effizienter sind als kleinere Einheiten.

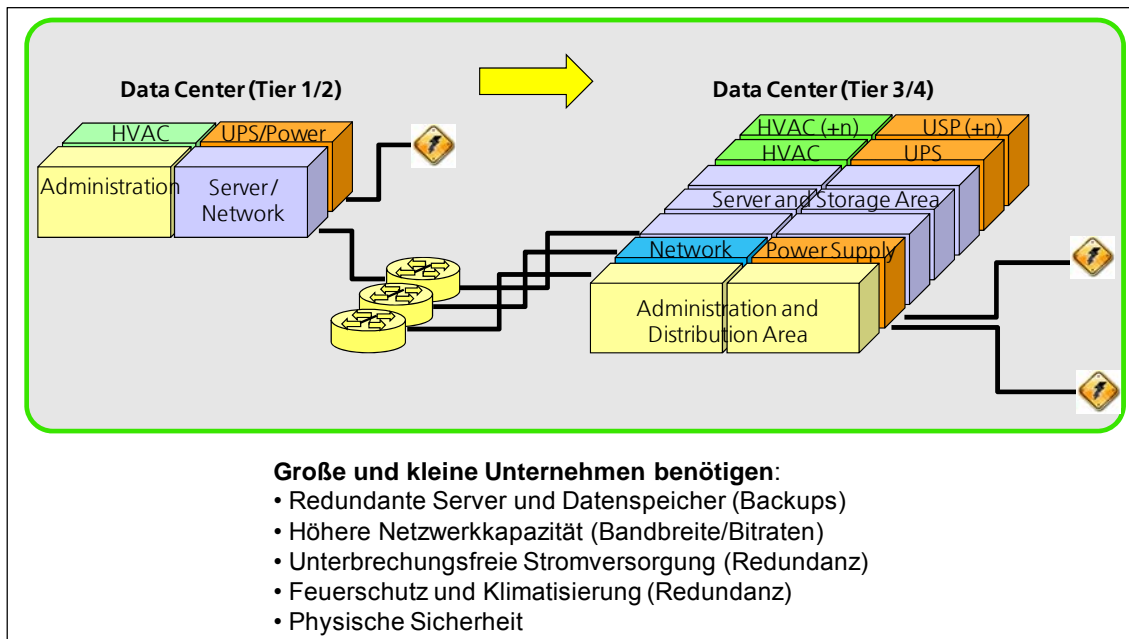


Abbildung 21: Klassenwechsel zu mehr Redundanz

Fazit:

Die Auslagerung von Rechen- und Speicherkapazitäten aus ineffizienten Serverräumen in hochverfügbare und sichere Rechenzentren ist ein aktueller Trend. Damit einhergehend prägen sich neue IT-Konzepte wie Thin Clients in Unternehmen und Behörden aus. Im Zuge dieser Entwicklung entstehen derzeit in Deutschland an den wichtigsten Netzknotenpunkten sehr große Rechenzentren. Die Energie- und Ressourceneffizienz dieser professionell betriebenen Rechenzentren sind höher als bei kleineren Einheiten. Das zeigen zumindest erste Benchmarks basierend auf den Kennzahlen Power Usage Effectiveness (PUE) und Data Center infrastructure Efficiency (DCiE). Diese Kennzahlen sind wesentliche Ansätze des Green Grid, einem Zusammenschluss wichtiger Stakeholder im IT-Sektor.²⁸

2.4.3 # 12: Thin Clients

Thin Client-Konzepte gelten als Alternative zu voll ausgestatteten PC-Arbeitsplätzen und werden von Unternehmen und Behörden zunehmend geprüft. Dieser Trend wird auch vor dem Hintergrund steigender Stromkosten und potentieller Einsparpotentiale vorangetrieben. Dennoch war der Anteil der verkauften Thin Client-Geräte 2007 mit 1,1 Mio. Stück gegenüber 60 Mio. PC in Europa deutlich geringer [Knermann 2008b]. Diese

²⁸ The Green Grid: <http://www.thegreengrid.org/>

Entwicklung liegt vor allem an den weit verbreiteten Bedenken gegen die zentralisierenden Wirkungen solcher Lösungen auf die Organisation. Während aber in großen und mittleren Unternehmen und Behörden die dafür notwendige Infrastruktur im Haus vorhanden wäre, werden Thin Client-Konzepte in kleinen Unternehmen und privaten Haushalten weitaus ambivalenter diskutiert. Bei diesem Szenario müsste die Infrastruktur von Dritten (Cloud Computing, lokale Rechenzentren) bereitgestellt werden, was vielfach Bedenken in Bezug auf Datenschutz und -sicherheit, Verfügbarkeit u. ä. verursacht und so verhindert, dass die im Idealfall mit den in großen Unternehmen und Behörden identischen Stromsparmöglichkeiten auf die Haushalte und kleinen Unternehmen übertragen werden.

Nach Knermann (2008)²⁹ ist ein so genannter Thin Client ein dediziertes, d.h. ein spezielles Endgerät, welches die angebotene Rechenleistung eines externen Servers nutzt. Dahinter steckt das Prinzip des „Server Based Computing“, also das an einem Server zentralisierte Verarbeiten von Informationen verschiedener Thin Clients. Die Geräte am Arbeitsplatz selbst (Clients) verfügen über sehr begrenzte Rechenleistung und Speicher. Als Gegenteil zum Thin Client ist ein „Fat Client“, d.h. ein mit mehr oder weniger stark ausgeprägter lokaler Rechenkapazität ausgestatteter Arbeitsplatz-PC, anzusehen. Die primären Aufgaben eines Clients sind die Anzeige von Bildschirminformationen, die es mit Hilfe eines speziellen Netzwerkprotokolls empfängt und die Rücksendung der Tastatureingaben und Mausbewegungen des Benutzers an den so genannten Terminalserver. Der Client bearbeitet keine Informationen, sondern gibt diese nur an einen zentralen Rechner weiter, empfängt die verarbeiteten Informationen zurück und stellt diese graphisch dar. Allerdings ist auch die Nutzung lokaler Laufwerke und Drucker sowie Wiedergabe von Klängen im Prinzip möglich, sofern der Thin Client dazu in der Lage ist, also beispielsweise über einen lokalen Druckerport verfügt. Je nach Ausstattungsgrad können manche Thin Clients lediglich Bildschirmausgaben umsetzen während andere über eingebaute Webbrowser, Multimedia-Unterstützung oder Support für biometrische Authentifizierungssysteme verfügen [Knermann 2008]. Dieser sehr klassisch gefassten Definition von Thin und Fat Client stehen Diskussionen im Bereich der IT-Hardware-Architektur gegenüber, die auf differenziertere Lösungen durch verschiedene Client Konzepte abzielen. Getrieben wird diese Entwicklung vor allem auch durch neue Geräteklassen sowohl auf Client- als auch Serverseite (barebone, Sub-/Netnotebooks), neue Software-Konzepte (Smart Clients/Rich Clients, modulare Software Architekturen in SOA) sowie durch sich daraus ergebende neue

²⁹ Es gibt diverse Definitionen für Thin Client und entsprechend viele Thin Client-Konzepte. An dieser Stelle wird Knermann (2008) beispielhaft zitiert.

Konzepte in IT-Gesamtarchitektur, wo sich die klassischen Gegensätze zwischen zentraler (server based) und dezentraler (Client-Server) Architektur verschieben.

Anhaltender Kostendruck zwingt IT-Verantwortliche vor dem Hintergrund wachsender Anforderungen und sinkender Budgets immer mehr zur nachhaltigen Senkung ihrer Betriebs- und Beschaffungskosten. Die TCO (Total Cost of Ownership) gibt eine Maßzahl an, die die Gesamtkosten, also Beschaffungs- und Betriebskosten, eines IT-Systems darstellt. Ein Fat Client hat eben durch die höheren Hardwareanforderungen auch höhere Beschaffungskosten. Durch Server Based Computing können vergleichsweise preiswerte Arbeitsplatzendgeräte als Thin Clients installiert werden, die aufgrund fehlender lokaler Speicher über weniger Bauteile verfügen, die im Zweifelsfall ausfallen können. Ebenso entfallen lokale Installation von Software, wodurch Thin Clients weniger wartungs- und damit kostenintensiv im Betrieb im Vergleich zu einem normalen Arbeitsplatz-PC sind [Knermann 2008].

Server Based Computing ist ein schon seit längerem genutztes Konzept und hat sich als bewährte und industrieweit eingesetzte Technologie etabliert. Dabei sind Kunden aus dem mittelständischen Umfeld mit ~50 Benutzern genauso vertreten wie Großkonzerne mit mehreren tausend Benutzern. Im Rahmen der Studie des Fraunhofer UMSICHT „Ökologischer Vergleich der Klimarelevanz von PC und Thin Client Arbeitsplatzgeräten 2008“ [Knermann 2008b] wird der Stromverbrauch von Thin Clients im Vergleich zu normalen Arbeitsplatz-PC verglichen. Es werden sowohl Herstellungs-, Distributions-, Nutzungs- und Entsorgungsphase verglichen. Für die Nutzungsphase werden Szenarien für Nutzungsmuster und Leistungsaufnahme angenommen. Dabei werden die Komponenten Arbeitsplatz-PC und Thin Client plus notwendige Server (plus 50% Infrastruktur) betrachtet. Infrastruktur, die für beide Systeme notwendig ist, wird bei der Berechnung nicht miteinbezogen. Im Rahmen dieser Studie ergaben sich für Thin Client-Arbeitsplätze über 54% weniger Emissionen bezogen auf das Global Warming Potential (GWP) als für PC-Arbeitsplätze. Wird der gesamte Arbeitsplatz inkl. LCD-Monitor betrachtet, ergeben sich Einsparungen von 44%. Diese Einsparungen beziehen sich jedoch auf den gesamten Lebensweg und nicht nur den Stromverbrauch in der Nutzungsphase.

Diese Beispielrechnung zeigt das theoretische Energiesparpotential von Thin Client-Konzepten auch für den privaten Bereich. Vorteile im privaten Bereich wären u.a. auch eine professionellere Administration der Systeme und höhere Redundanz, d.h. die Vermeidung von Datenverlust. Doch im privaten Umfeld sind wesentliche Voraussetzungen für Thin Clients nicht gegeben. Ein wichtiger Bestandteil für eine erfolgreiche Umsetzung dieses Konzeptes ist eine äußerst zuverlässige Breitbandanbindung ans Netz sowie die ständige Verfügbarkeit der entsprechenden Server. Das größte Hemm-

nis scheint jedoch das fehlende Vertrauen in den Datenschutz und eine unterschwellige Angst vor einer Infiltration der Privatsphäre zu sein. Diese Bedenken sind durchaus gerechtfertigt, ohne dass auf diese Probleme an dieser Stelle weiter eingegangen werden soll.

Fazit:

Private Thin Clients sind eine eher langfristige Entwicklung. Mittelfristig werden sich mit größerer Wahrscheinlichkeit hybride Server- und Speicherlösungen in den Haushalten durchsetzen. Dezentrierte Home Server und vom Internet entkoppelte Server- und Datenspeicher könnten sich im Heimbereich aufgrund kostengünstiger Prozessor- und Speicherleistung durchsetzen. In hybriden Konzepten ist aber auch eine teilweise Datenspeicherung bzw. Verlagerung von Diensten ins Netz nicht ausgeschlossen. In diesem Fall wird das herkömmliche Client-Server-Konzept durch ein Peer-to-Peer(P2P)-Konzept ersetzt. Diese sind u.a. von Skype und Tauschbörsen bekannt. Ein Nutzer verteilt seine Daten verschlüsselt auf mehrere private und kommerzielle Rechner und bietet im Gegenzug Teile seiner eigenen Festplatte externen Nutzern an. Dieses Konzept hat wie immer Vor- und Nachteile für die Datensicherheit und Verfügbarkeit. Verfügbarkeit bedeutet auch, dass die entsprechenden Rechner ständig online sind und damit Strom ziehen.

2.4.4 # 13: Cloud Computing

Im Zusammenhang mit Thin Client-Konzepten soll auch das Thema Cloud-Computing als ein zunehmend an Bedeutung gewinnender Trend kurz untersucht werden. Unter dem Schlagwort Cloud-Computing wird z.B. verstanden, dass Software als Onlineversionen zur Verfügung stellt wird und nicht auf dem eigene Rechner installiert werden muss. Damit sind auch vielfältige Dienste verbunden, die nur online bezogen werden. Laut einem Artikel der Financial Times Deutschland vom 5. November 2008, hat Microsoft erste Onlineversionen von Office Software angekündigt. Auch das Marktforschungsunternehmen IDC prognostiziert ein deutliches Marktwachstum in diesem Bereich. IDC rechnet mit einem jährlichen Wachstum von 27% im Bereich Geschäftssoftware und Infrastrukturdiensten für das Cloud-Computing. Im Jahr 2012 wird der weltweite Markt ein Volumen von rund 42 Milliarden US Dollar haben. Vor diesem Hintergrund sind die Auswirkungen auf die Netz- und Serverinfrastruktur zu untersuchen.

Fazit:

Noch befinden sich Produkte und Geschäftsmodelle für Cloud Computing in der Entwicklungsphase. Es ist daher zu früh, die Auswirkungen auf dem Strombedarf zu be-

stimmen. Nichtsdestotrotz ist Cloud Computing ein Trend, der weitere Aufmerksamkeit erfordert.

2.5 Komponenten und Endgeräte

2.5.1 # 14: High Definition Video und TV

Der Übergang zum High Definition TV verläuft trotz einer bereits hohen Verbreitung von HD-fähigen TV-Geräten aufgrund fehlender Angebote und Infrastruktur in Deutschland sehr zögerlich.

High Definition ist nicht nur Synonym für eine neue Bildqualität mit höherer Auflösung, um Video- und Fernsehinhalte auf größeren Bildschirmen darstellen zu können. HD ist ein Entwicklungsparadigma bzw. Marktkriterium, welches das folgende Produktspektrum umfasst:

- HD-Content-Produktion mittels HD-fähigen Kameras (Filme, TV-Life-Sendungen)
- HD-Studioteknik und Mediatheken (Videoarchive)
- HD-Übertragungsplattformen wie Satellit, Kabel und Internet (xDSL/Glasfaser)
- HD-Mediaträger und Abspielgeräte (derzeit nur BluRay Disk/Player)
- HD-fähige TV-Geräte bzw. Flachbildschirme (LCD, Plasma, OLED)

Die HD-Evolution wird einerseits vorangetrieben von der Kinoindustrie und andererseits von der Endgeräteindustrie. Aus Sicht des Stromverbrauches sind die rasch wachsenden Bilddiagonalen von Flachbildschirmen kritisch zu betrachten. Die größere Bildschirmdiagonale dieser TV-Geräte bedingt in kleinen Räumen (Heimkino) eine höhere Pixelzahl und Datenrate, um dem menschlichen Auge ein angemessenes Bild zu präsentieren (siehe Endgerätetrends).

Full HD (1920x1080x50 p) bietet derzeit mit ca. 2 Millionen Pixel eine 2k-Auflösung, was einer Datenrate von 3,11 Gbit/s entspricht (siehe Abbildung 22). Da eine realistische Auflösung für das menschliche Auge etwa 15 – 30 Million Pixel benötigt, wäre ein Ende der Entwicklung mit einer 8k-Auflösung also 32 Millionen Pixel erreicht. Entsprechend arbeitet die Industrie heute bereits an Kamera-, Übertragungs- und Abspielsystemen mit 4k-Auflösung oder „Quad“ (8,85 Million Pixel). Vor diesem Hintergrund erwarten Experten, dass das HD-Entwicklungsparadigma noch längere Zeit Bestand haben wird³⁰.

³⁰ Vortrag von Goran Hantschel, Head of Sony Professional Business in Germany, auf der Bitkom-Tagung „HDTV-across-Europe“, 14. – 15. Oktober 2008, Berlin

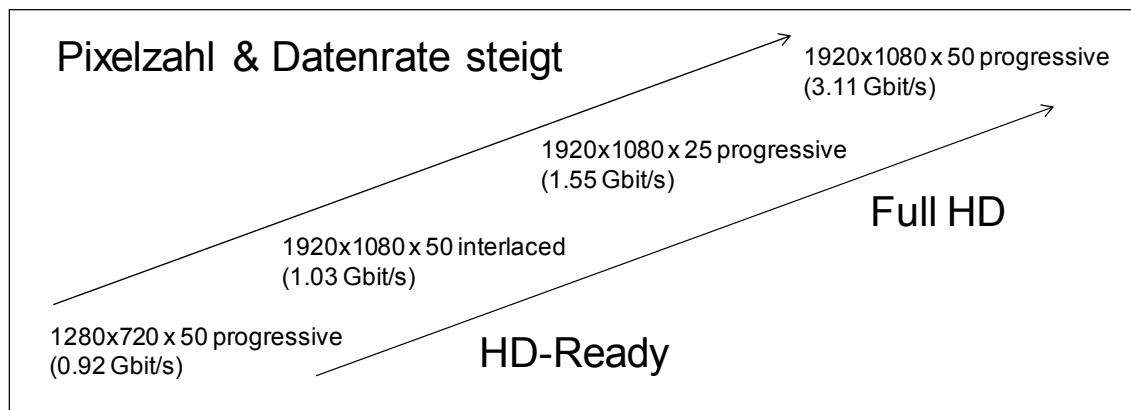


Abbildung 22: Full HD Evolution

H.264/MPEG-4/AVC: Um die Bitrate für die HD-Videoübertragung zu reduzieren, schlossen sich 2001 die ITU (Study Group 16, Video Coding Experts Group) mit MPEG-Visual zusammen und führten die Entwicklung eines Standards zur hocheffizienten Videokompression gemeinschaftlich im Joint Video Team (JVT) fort. Im Jahr 2003 wurde der Standard von beiden Organisationen mit identischem Wortlaut verabschiedet. Die ITU-Bezeichnung lautet dabei H.264. Bei ISO/IEC MPEG läuft der Standard unter der Bezeichnung MPEG-4/AVC (Advanced Video Coding) und ist der zehnte Teil des MPEG-4-Standards (MPEG-4/Part 10, ISO/IEC 14496-10). Mit H.264/MPEG-4 AVC wird die benötigte Datenrate eines Videos bei gleicher Qualität mindestens um die Hälfte reduziert. Vor diesem technischen Hintergrund wird im Folgenden die Marktentwicklung betrachtet, d.h. sowohl der Verkauf HD-fähiger Geräte als auch die Entwicklung bei HD-Medienangeboten.

HDTV: Vor diesem technischen Hintergrund übt die Elektronikindustrie starken Druck auf die Sendeanstalten aus, endlich auf HDTV umzustellen. Druck zur Umstellung auf HD kommt auch von ausländischen Medienangeboten insbesondere Hollywood-Produktionen und deren Vertrieb über BluRay.

Die GfK erwartet bis Jahresende 2008 bei HD-Fernsehern einen Anstieg auf über 11 Millionen Geräte in deutschen Haushalten. Einer Prognose von ScreenDigest zufolge werden im Jahr 2012 rund 6 Millionen deutsche Haushalte mit HD-fähigen Geräten ausgestattet sein und HD-Programme empfangen. Rund 22 Millionen Haushalte sind mit HD-fähigen Geräten ausgestattet, empfangen aber keine Programme. Die restlichen 10 Millionen Haushalte sind noch immer mit Standardauflösung PAL ausgestattet. Neben den Endgeräten ist die Netzanbindung bzw. die zur Verfügung stehende Bandbreite ein existierender Engpass. Für HDTV liegt der Bandbreitenbedarf bei etwa 5 bis 10 Mbit/s. Werden in einem Haushalt mehrere Geräte gleichzeitig (vor allem mehrere

TV-Geräte mit unterschiedlichen Programmen) betrieben steigt die Datenratenbedarf entsprechend an.

Im Jahr 2008 wurden nur von ARTE, Premiere, MTV und Anixe HDTV-Programme angeboten. Zum Vergleich; in Japan gibt es derzeit HDTV-Programme von 18 Free-to-Air und 18 PayTV-Anbietern. In Europa ist England der Marktführer.³¹ BITKOM geht davon aus, dass die Zahl der aktiven HDTV-Haushalte nach 2010 (Sendestart von ARD und ZDF) stark zunimmt und sich HDTV dann recht rasch als Standardauflösung etablieren wird. Die deutschen Sender verwiesen in der Vergangenheit auf hohe Kosten für entsprechende Produktions- und Übertragungstechnik. Das ZDF gehe davon aus, dass bereits von Januar 2009 an rund ein Viertel des ZDF-Angebots in HDTV ausgestrahlt werden könne, sagte ZDF-Intendant Markus Schächer dem "Handelsblatt" (29.08.2008) am Rande der Funkausstellung IFA in Berlin. Zu den Olympischen Winterspielen in Vancouver im Februar 2010 wollen die öffentlich-rechtlichen Sender dann die reguläre Ausstrahlung in hoher Auflösung aufnehmen. Die beiden Sender Pro7HD und Sat.1HD sind seit dem 16. Februar 2008 abgeschaltet, wie ProSiebenSat.1 Media AG am 14. Februar 2008 mitteilte. Ob eine Wiedereinführung im Free-TV oder Pay-TV geplant ist, steht noch nicht fest, gemeldet wurde der Termin 2010.

Fazit:

HDTV wird sich mittelfristig (nach 2010) in Deutschland als Standard etablieren. Der Ausstattungsgrad mit HD-fähigen Fernsehern und Medienträgern (BluRay), entwickelt sich bereits dynamisch. Gleichzeitig besteht eine große Ungewissheit bezüglich der künftigen Struktur des HDTV-Übertragungsmarktes inklusive Satellit, Kabel, Antenne, Mobilfunk und Breitband-Internetanschluss. Grund dieser Ungewissheit ist der derzeit noch unzureichende Grad der Digitalisierung insbesondere im größten Marktsegment dem Kabelfernsehen. Es ist durchaus denkbar, dass mit der unumgänglichen Digitalisierung (als Voraussetzung für HD) der Endkunde einen Umstieg von traditionellen Kabel- und Satelliten-TV-Plattformen auf Triple Play Angebote mit größerer Bandbreite wagen könnte. Da aber die künftigen HDTV-Übertragungswege den Strombedarf für das Gesamtsystem mitbestimmen werden, kann zum jetzigen Zeitpunkt eine Prognose nur auf Basis der Endgeräte erfolgen.

2.5.2 # 15: Große Flachbildschirme

Aufgrund der zunehmender Reife verschiedener Technologien werden großflächige Bildschirme (Displays) mit flachem Formfaktor (Flat Panel) kostengünstig und in hohen

³¹ Konferenz „HDTV-across-Europe“ (Berlin, 14./15. Oktober 2008)

Stückzahlen am Markt verfügbar. Der Übergang von der Kathodenstrahlröhre (CRT) zu Flüssigkristallbildschirmen (LCD), Plasma (PDP) und anderen Flachbildschirm-techniken wie organische Leuchtdioden-Displays (OLED) hält in Deutschland an. Laut GfK tendieren die Verkäufe bei CRTs gegen Null. An diesen grundsätzlichen Technologiewandel sind Marktentwicklungen mit folgenden Effekten gekoppelt:

- Frühzeitiger Kauf neuer Technik führt zum Anstieg von Zweit- und Drittgeräten in Haushalten. Die Nutzung der älteren Geräte erfolgt z.B. von Kindern, die gezielt Inhalte aus dem Internet (VoD, Games) beziehen oder DVDs abspielen. Damit erhöht die Gesamtnutzungsdauer von PC-Monitoren und Fernsehern, was den realen Stromverbrauch erhöht.
- Die Energieeffizienz pro Display-Flächeneinheit (W/dm^2) steigt. Als Faustformel kann angenommen werden, dass die Energieeffizienz eines vergleichbar großen LCD gegenüber einem CRT um Faktor 2 besser ist. OLED ist als selbstemittierendes Display noch effizienter, da eine Rückbeleuchtung nicht nötig ist. Im Bereich von PC-Monitoren, Notebooks und mobile Endgeräten sinkt der reale Stromverbrauch damit deutlich.
- Der Stromverbrauch pro Display steigt mit der Bildschirmfläche und Auflösung. Die im Durchschnitt um Faktor 2 bis 3 real anwachsende Bildschirmfläche bei Fernsehgeräten kompensiert die höhere Energieeffizienz pro Flächeneinheit (siehe Tabelle 6). Im Bereich von Fernsehgeräten, großen Videodisplays und ähnlichen Anwendungen steigt der reale Stromverbrauch damit deutlich.

Tabelle 6: Typische Bildschirmgröße und Leistungsaufnahme von Fernsehern

Displaydiagonale (in Zoll)	26	32	37	42	50
Displayfläche (in Zoll ²)	289	438	585	754	1069
Leistungsaufnahme (in Watt)	90	120	150	200	250

Ein gängiges Marktszenario ist die Fernseher-zentrierte Heimunterhaltung. Es beinhaltet, dass TV, Video on Demand und andere PC-Anwendungen (Tele- und Internet-Shopping) über das große Fernseherdisplay laufen. Damit wird der große Fernseher, der mehr Leistung aufnimmt, noch deutlich stärker genutzt. Im Endeffekt steigt der Stromverbrauch in Haushalten nicht nur mit der wachsenden Bildschirmgröße sondern auch mit einer intensiveren Nutzung der Fernseher. Die durchschnittliche im Markt verkaufte Bildschirmgröße wuchs über die letzten Jahre von 32 Zoll (2005) auf 37 Zoll (2007) und 42 Zoll (2009). Die Ursache ist der zunehmende Preisverfall. Heute (2008)

sind bereits TV-Bildschirmdiagonalen von 50 Zoll für 1.000 € am Markt verfügbar.³² Damit steigt die durchschnittliche Bildschirmgröße in den deutschen Haushalten in den kommenden Jahren um etwa Faktor 2 bis 3 an. In einem ähnlichen Maße wird der Fernseher-bedingte Stromverbrauch in Haushalten real ansteigen. Abbildung 23 soll diese Entwicklung grafisch verdeutlichen. Schließlich ist auch auf großflächige Displays für Werbung bzw. elektronische Bilderrahmen als potentielle Quelle hohen Stromverbrauchs hinzuweisen. Ein japanischer Hersteller hat bereits einen Fernseher angeboten, der beim „Aus-Schalten“ die Option eines elektronischen Bilderrahmes anbietet.

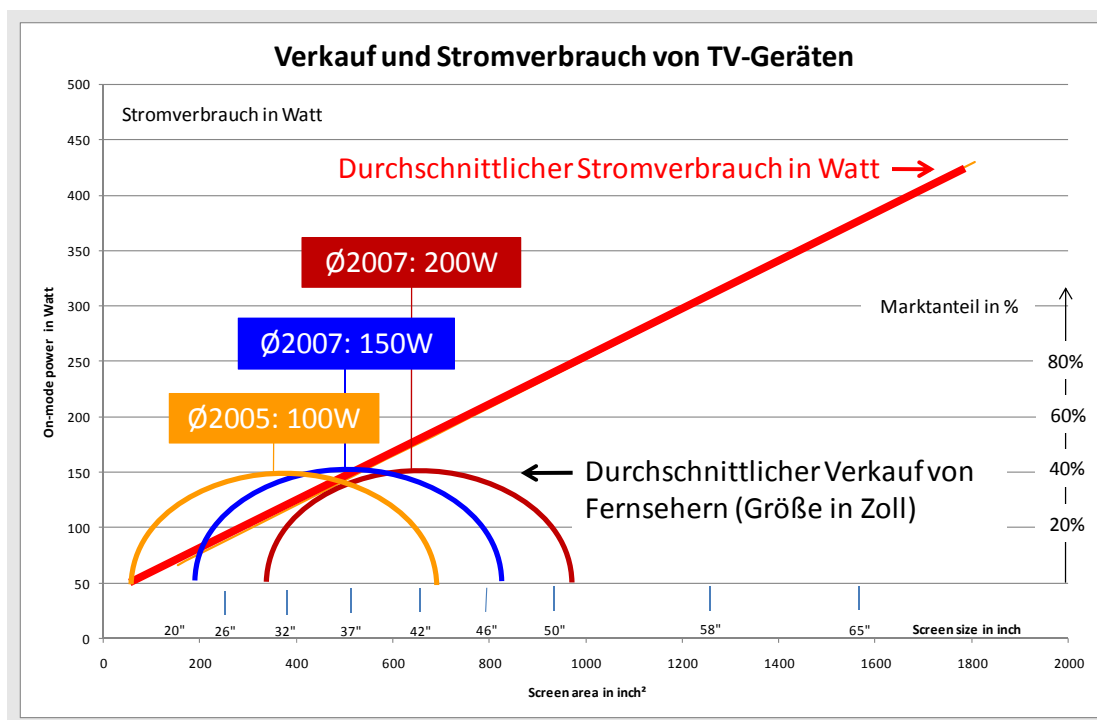


Abbildung 23: Marktentwicklung und Stromverbrauch von TV-Geräten

Die audiovisuelle Datenausgabe hat eine sehr hohe Bedeutung für den Verbraucher. Sie beinhalten das subjektive, aber wichtige Element des „Empfindens“. Der Übergang vom Rundfunk (Radio) zum Fernsehen (TV), vom Schwarzweiß zur Farbe, von der Standard-Auflösung zur HD-Auflösung mit 3D-Fähigkeit bis hin zur Holographie sind Meilensteine in der Technik, die aus dem menschlichen Bestreben nach Realität erwachsen sind. Die Technikentwicklung nimmt derzeit einen klaren Weg von der animierten fotorealistischen Grafik, über das High Definition Video hin zur holographischen Projektion, welches ein „Eintauchen“ in die virtuelle Welt zum Ziel hat. Die hier-

³² Laut BITKOM gibt der deutsche Durchschnittskäufer rund 800 bis 1.000 € für einen neuen Fernseher aus.

für nötigen Basistechnologien, d.h. Prozessoren, Speicher, 3D-Displays und Projektoren sind in der Entwicklung.

Heute entwickeln sich große Flachbildschirme zur zentralen Komponente der Datenausgabe im Bereich des „Infotainment“ also der Information und Unterhaltung. Diese werden mit notwendigen Peripheriegeräten vernetzt. Notwendige Elemente sind eine Set-Top-Box (STB) zur Aufbereitung digitaler Fernsehsignale (Broadcasting), ein Online-Interface zum Streaming von Internet-basierten Videos (VoD) und TV-Programme (IP-Casting), Geräte zum Aufnehmen und Abspielen von Filmen, Videos und Fotos auf unterschiedlichen Medien (z.B. HDD, Solid State Memory, VHS, DVD, BluRay-Disk). Laut VDI Nachrichten ist dies in deutschen Haushalten noch keine Realität. Nur etwa 5% der Deutschen nutzen den Fernseher als Multimediainstrument. Jedoch besteht durchaus Bedarf. Im Artikel der VDI Nachrichten heißt es: „Zugriff auf die eigene Musiksammlung über das Fernsehgerät wünschen sich 30%, fast ebenso viel wollen Spielfilme über das Internet auf das Fernsehgerät laden und gut 20% können sich vorstellen, über die Mattscheibe auch Internettelefonie zu betreiben³³.

Fazit:

Große Flachbildschirme mit deutlich höherer Leistungsaufnahme lösen konventionelle und deutlich kleinere Röhrenbildschirme sehr schnell ab. Dieser Trend wird mittelfristig zu einer Verdoppelung des TV-bedingten Stromverbrauchs führen. Nach 2015 werden auf Basis neuer Technologien wie LCDs mit LED-Backlights, OLEDs oder Feldemissionsdisplays (SED) sparsamere Geräte auf den Markt kommen. Dennoch wird auch in Zukunft die Bildschirmgröße der bestimmende Faktor des Stromverbrauchs sein.

2.5.3 # 16: Funktionale Systemintegration

Mit dem Begriff „funktionale Integration“ werden heute meist technische Trends im Kontext der Miniaturisierung und Systemintegration zusammengefasst. Diese Integration findet auf der Ebene von elektronischen Baugruppen (More Moore) und Produkten (Multifunktionsgeräte) statt.

Folgende Tendenzen bezüglich der Produktkonfiguration sind beispielsweise im Bereich TV-Geräte zu sehen:

- „All-in-One“-Produkte, die z.B. in einem Fernseher diverse Digitalempfänger, Decoder, Aufnahme- und Speichertechnologien sowie Kommunikationsschnittstellen beinhalten. Vorteile dieser Produktkonfiguration sind kurze Signalübertragungswege

³³ VDI Nachrichten, 29.August 2008, Nr. 35, S.1.

und die Nutzung eines Netzteils. Ein anspruchsvolles Wärmemanagement ist notwendig.

- „Component-Unit“-Produkte, die z.B. den Bildschirm über Kabel oder Funk vom einer separaten Empfänger/Multimedia-STB ansteuern. Die Leistungsaufnahme wird in diesem Fall verteilt, was eine effizientere Stromversorgung ermöglicht. Gleichzeitig steigt der Stromverbrauch durch mehrere Netzteile sowie weite Signalübertragungswege. Eine Signalübertragung per Funk benötigt tendenziell mehr Strom.

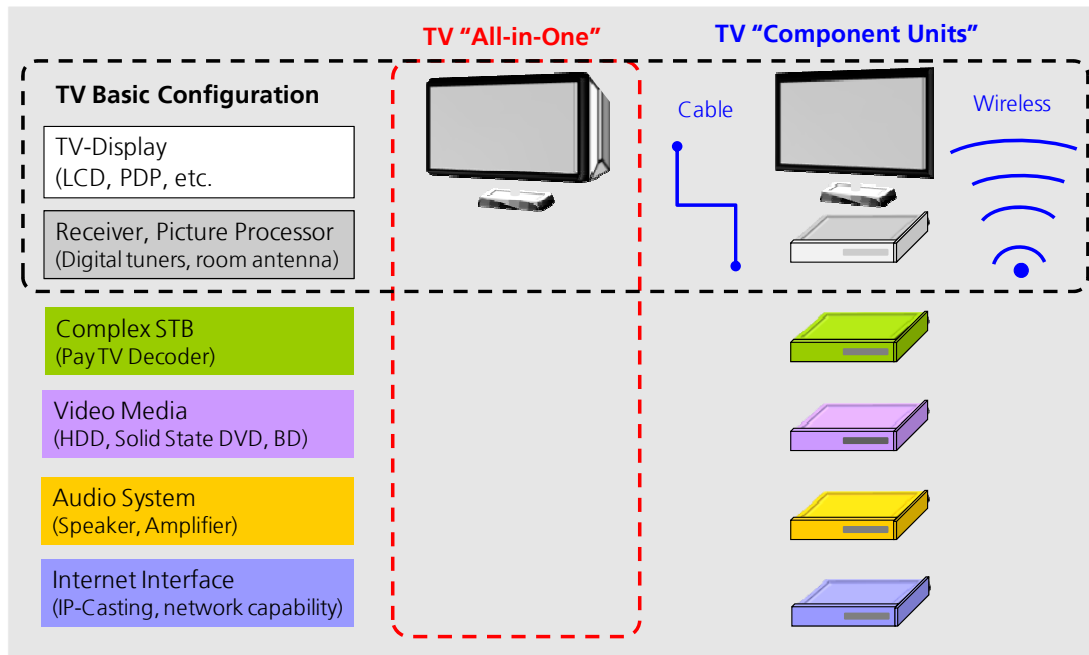


Abbildung 24: Produktkonfigurationen am Beispiel Fernseher

Funktionale Integration wird aber auch im Kontext von Kommunikations- und Daten-netzen, also in einem größeren Systemzusammenhang thematisiert. Ziel dieser Entwicklung ist u.a. die Erhöhung des funktionalen Nutzens und der Flexibilität eines Systems. Leistungsanpassung ist ein wichtiges Stichwort in diesem Zusammenhang. Die Optimierung des Stromverbrauches ist hierbei zwar nicht das primäre Ziel aber oftmals ein nicht unbedeutender Aspekt. Faktoren in diesem Zusammenhang sind:

- Reduktion von Netzteilen bzw. Verlusten mit dem Ziel der Verbesserung des Wirkungsgrades entlang der gesamten Stromwandlungskette (Power Conversion)
- Bedarfsgerechte Zu- und Abschaltung einzelner Funktionen bzw. softwarebasierte Leistungsanpassung (Software-based Power Management)
- Reduktion von Standby-Stromverbräuchen insbesondere von vernetzte Produkten (Netzwerk-Standby)
- Kürzere Signal- bzw. Datenübertragungswege (System Large Scale Integration)

- Kleinerer Formfaktor und Multifunktionsgeräte zur allgemeine Verbesserung des Energie- und Materialaufwands (Multifunctional Devices)

Fazit:

Systemintegration und Multifunktionsgeräte haben ein gutes Stromeinsparpotential. Hierdurch können insbesondere Standby-Verbräuche und Netzteilverluste reduziert werden. Diese Entwicklung wird in der Prognose berücksichtigt. Eine bedarfsgerechte Leistungsanpassung im System ist aber das eigentliche Ziel. Damit steigen die technischen Anforderungen zum Beispiel an die Komponenten, das Schaltungsdesign, die Netzteil-effizienz und die Entwärmung (Thermal Management). Positive und negative Effekte einer höheren Systemintegration sind abzuwägen. Designintegrierte Analysemethoden, Bewertungs- und Simulationstools sind dringende Voraussetzungen für eine effektive Systemgestaltung. Diese Tools sind derzeit nur ungenügend vorhanden und müssen weiter entwickelt werden.

2.5.4 # 17: Stromsparende Elektronikkomponenten

Mobile Endgeräte wie Smartphones und Notebooks demonstrieren bereits heute, dass eine hohe Funktionalität und Rechenleistung auch energieeffizient realisiert werden kann. In diesen Produkten kommen die neueste Display- und Halbleitertechnologie sowie Aufbau- und Verbindungstechnik zur Anwendung. Die notwendige Mikro-Systemintegration ist zwar meist teurer als konventionelle Technik in PCs oder Unterhaltungselektronik, reduziert aber den Stromverbrauch und bietet auch andere Vorteile beispielsweise hinsichtlich der Zuverlässigkeit. Im Folgenden werden Stromsparpotentiale ausgewählter Elektronikkomponenten skizziert. Die existierende Vielfalt am Markt befindlicher Produkte bzw. in der Forschung befindlicher Technologien lässt eine umfassende Analyse des komponentenbezogenen Energieeinsparpotentials nicht zu.

Displays entwickelten sich in den vergangenen Jahren äußerst dynamisch. Dieser Trend wird anhalten. Treiber in der Forschung und Entwicklung sind neue Materialien und Nanotechnologien. Der Stromverbrauch ist in diesem Zusammenhang bereits ein wichtiges Thema. Bei den LCDs werden Einsparpotentiale u.a. durch ein Dimmen der konventionellen CCFL-Rückbeleuchtungen bzw. durch eine voll skalierbare LED-Rückbeleuchtungen erschlossen. Ein weiterer Ansatz zur Reduktion des Stromverbrauches bei LCDs besteht in der Verwendungen etwas teurerer jedoch effizienterer Polarisationsfilter, die helfen, das Licht von der Rückbeleuchtung effektiver in das Display zu leiten (Licht-Recycling). Mittelfristig geht der Trend zu selbstleuchtenden, organischen Leuchtdioden.

OLEDs (Organic Light Emitting Diode) zeigen als Prototypen gute Leistungsparameter. Probleme mit der Langzeitstabilität (u.a. Feuchtigkeitsresistenz) verzögern jedoch noch immer eine breite Markteinführung. Nach Angaben des Marktforschungsunternehmens DisplaySearch wird der Verkauf von OLED-Displays in diesem Jahr trotzdem stark anziehen und in 2008 um 69% und 2009 um 83% wachsen. Dem entspricht auch ein Bericht der Digitimes vom April 2008, nach welchem Samsung eine Fabrik für seine AMOLEDs (Active-matrix OLED) plant, in der ab 2009 etwa 3 Millionen Stück jährlich für Notebooks produziert werden sollen. Während die Leistungsaufnahme herkömmlicher LCDs in Notebooks rund 5 Watt beträgt, werden moderne Displays durchschnittlich 1 bis 3 Watt verbrauchen. Die Abschaltung des Displays bei Nichtnutzung hat sicherlich auch ein hohes Potential.

Eine weitere Entwicklung sind **bistabile Displays** oder sogenannte e-paper. Derzeit kommen monochrome Varianten z.B. im Sony e-Book Reader oder dem Amazon's Kindle Reading Device zum Einsatz. Die Leistungsaufnahme ist äußerst gering, da die Displays nur beim Seitenwechsel Strom ziehen. Die Entwicklung von farbigen bistabilen Displays würde ein sehr hohes Energiesparpotential bieten.

Multikern-Prozessoren haben gegenüber Einzelkern-Prozessoren ein hohes Stromsparpotential. Die Entwicklung von Doppelkern-Prozessoren für den Endkundenbereich wurde durch den wachsenden Notebook-Markt getrieben. Bei Doppel- bzw. Multikern-Prozessoren besteht die zentrale Prozessoreinheit (CPU) aus zwei bzw. mehreren miteinander verbundenen Rechnerkernen. Dieses Prinzip ermöglicht eine hohe Geschwindigkeit (Prozessorleistung)³⁴ bei angepassten Anwendungen (Software)³⁵ als auch ein paralleles Arbeiten. Der potentielle Effizienzgewinn überträgt sich auch auf den Stromverbrauch. So beträgt die maximale Verlustleistung des Intel Core 2 Duo Mobile T5600 Doppelkern-Prozessors 34 Watt. Im Gegensatz hierzu waren es beim Einzelkern-Prozessor Mobile Pentium 4 3066 noch 93 Watt. Multikern-Prozessoren wie der Quad-Core Intel® Xeon® Prozessor L5400 zeigen das erweiterte Stromsparpotential neuer Designs und Fertigungstechniken in der Halbleiterindustrie. Basierend auf einem 45 nm Fertigungsprozess hat dieser Vierkern-Prozessor für Server und Workstations eine Leistungsaufnahme von 50 Watt bzw. 12,5 Watt pro Kern bei einer Geschwindigkeit von 2,50 GHz.³⁶

³⁴ Derzeit erreichen Silizium-basierte Mikroprozessoren eine Taktrate von etwa 5 GHz als absolute Effizienzgrenze.

³⁵ Die Auslastung von Mehrkern-Prozessoren gestaltet sich jedoch schwierig, da prozessorientierte Parallelprogrammierung im Bereich der Software noch am Anfang steht.

³⁶ Pressemitteilung von Intel: <http://www.intel.com/pressroom>

Diese Beispiele verdeutlichen das gute Potential, welches die Umstellung auf Multi-kern-Prozessoren bei konventionellen PCs und Servern hat. Die Entwicklung geht, zumindest in der Forschung, über 2- bzw. 4-Kern-Prozessoren hinaus. Auf lange Sicht werden Systeme mit weitaus mehr Prozessoren nicht nur für sogenannte Super Computer sondern auch für private Desktop PCs erwartet. Doch ist dies momentan noch mit vielen Problemen behaftet. Heutige Software ist nicht darauf ausgelegt mit so vielen Prozessorkernen umzugehen. Eine effiziente Parallelisierung ist eine große Herausforderung für Chiphersteller und Software-Entwickler. Es ist daher nicht überraschend, dass Intel und Microsoft auch in diesem Bereich eng kooperieren und im März 2008 zwei Universal Parallel Computing Forschungszentren einrichteten.³⁷

Auch bei **Grafikkarten** wirken sich die Taktrate, die Nutzung des Arbeitsspeichers und die Stromversorgung auf den Stromverbrauch aus. Dezierte Grafikkarten haben einen Verbrauch von etwa 20 bis 25 Watt in Notebooks und 60 bis 75 Watt in Highend-Systemen. Ansätze zum Stromsparen bieten Chipsätze mit integrierter Grafiklösung und die Stromversorgung.

Speicher bzw. Speicherleistung sind die am schnellsten zunehmenden Komponenten. Ein Mainboard mit diversen Speicher-Riegeln hat in PCs eine Leistungsaufnahme von 25 bis 40 Watt. Notebooks sind weitaus optimierter. Auch CD-/DVD-Laufwerke verbrauchen 20 bis 30 Watt, wenn Daten gelesen bzw. geschrieben werden. Als Alternative zu den herkömmlichen ferro-magnetischen Festplatten könnten sich Solid-State Speicher etablieren. Flash-Speicher kommen schon heute bei kleineren mobilen Produkten zur Anwendung. Flash-Speicher-Festplatten (Solid State Disks) haben den Vorteil, dass sie schneller, ausfallsicherer und stromsparender sind als Festplatten, da sie ohne mechanische Komponenten auskommen. Laut PC-Welt benötigen Flash-Speicher für Lese- und Schreibzugriffe unter Last etwa 0,5 Watt, während bei klassischen Festplatten die Leistungsaufnahme ungefähr viermal höher ausfällt. Im Ruhezustand werden bei Flash-Speicher-Festplatten sogar lediglich 0,1 Watt erreicht.

Externe Netzteile/Ladegeräte sind ein wichtiger Bestandteil von mobilen Endgeräten. Der Stromverbrauch mobiler Endgeräte wird durch die Leistungsaufnahme beim Aufladen in Kombination mit der Häufigkeit und Dauer, d.h. dem Ladezyklus, bestimmt. Für viele mobile Endgeräte im „Handy-Format“ beläuft sich die Ausgangsleistung des Ladegerätes auf ca. 5 Watt wobei ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 65% erreicht wird. Mittelfristig ist hier noch ein leichtes Verbesserungspotential zu erwarten. Damit ist diese Produktgruppe „Mobiles“ zunächst relativ unkritisch. Jedoch ist zu bedenken,

37 Technology Review 03/2009

dass der Wirkungsgrad des Akkus selbst mit Zunahme an Ladevorgängen abnimmt. Präzise Untersuchungen bzw. Benchmarks zu diesem Thema sind den Autoren der Studie nicht bekannt. Erfahrungen deuten jedoch darauf hin, dass die Akkukapazität nach etwa zwei Jahren durchschnittlicher Nutzung abfällt und zum häufigeren Nachladen führt.

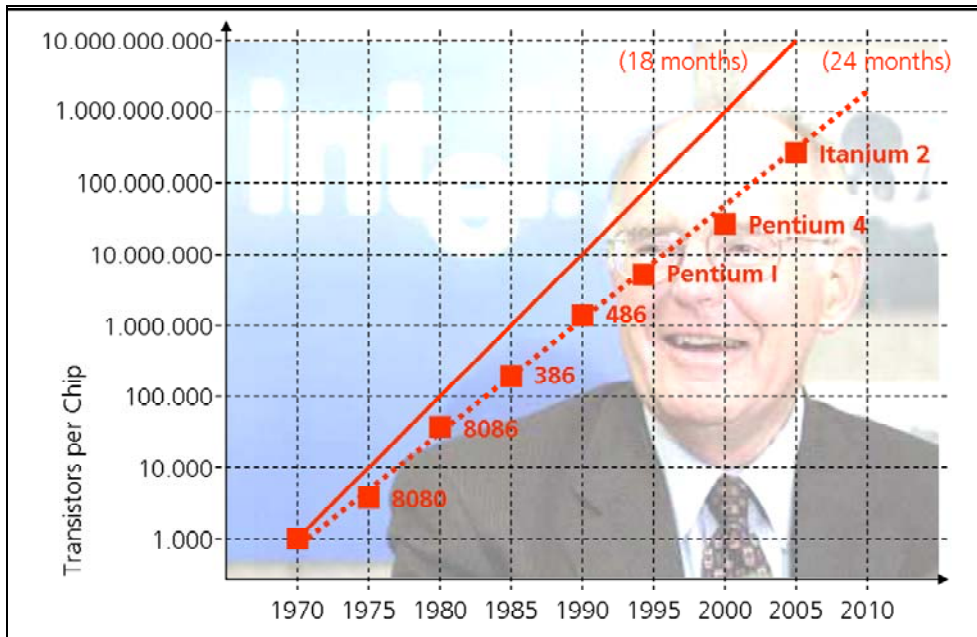


Abbildung 25: Moore'sche Gesetz

Fazit:

Die fortschreitende Miniaturisierung im Bereich mikroelektronischer Komponenten und Baugruppen wirkt sich grundsätzlich positiv auf den Stromverbrauch aus. Mit der Miniaturisierung wird der Ingenieur gezwungen, die Leistungsverluste bzw. Abwärme zu reduzieren. Die Miniaturisierung eröffnet auch eine höhere funktionale Integration in einem System, was zu einer Reduktion von Komponenten und Schaltungsträgern führt. Das Stromsparerpotential neuer Komponenten wirkt sich insbesondere im Bereich der Server, PCs, Set-Top-Boxen, Fernseher aus, wo eine dauerhafte Signal- und Datenverarbeitung stattfindet. Dieses Einsparpotential lässt sich an der heute besten verfügbaren Technik ablesen. In der Prognose wurden diese Parameter als Referenzwerte herangezogen.

2.5.5 # 18: Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG)

Europäische Mindestanforderungen und Energieeffizienzlabel für Elektro- und Elektronikgeräte erhöhen mittelfristig das Niveau der Energieeffizienz in der IKT-Branche. Das

Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG)³⁸ setzt die bereits im Juni 2005 erlassene Energy-using Products (EuP) Rahmenrichtlinie (2005/32/EG)³⁹ der Europäischen Union in deutsches Recht um. Das EBPG ist mit der Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt am 7. März 2008 in Kraft getreten. Das Gesetz zielt auf energiebetriebene Massenprodukte ab, deren Umweltaspekte, besonders im Hinblick auf Energiebedarf, Materialien und gefährliche Abfälle, verbessert werden können. Das EBPG betrifft somit sowohl Hersteller eines energiebetriebenen Produktes als auch den Handel, die Behörden der Marktaufsicht und indirekt auch den Verbraucher, der möglicherweise den Kauf eines Produktes aufgrund eines verbindlichen Energielabels entscheidet. Die Zuständigkeit für die Umsetzung des EBPG in Deutschland liegt beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), wobei die untergeordnete Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) als ausführende Stelle benannt wurde. Die BAM koordiniert und unterstützt die individuellen Marktaufsichtsbehörden der Bundesländer, welche für die Konformitätskontrolle zuständig sind. Des Weiteren ist die BAM für den Informationsaustausch verantwortlich und bildet gemeinsam mit dem Umweltbundesamt (UBA) und der Deutschen Energieagentur (DENA) die nationale Vertretung im Konsultationsforum.

Noch beinhaltet die EuP-Richtlinie bzw. das EBPG keine spezifischen Anforderungen. Erst mit der Festlegung von Durchführungsmaßnahmen (Implementing Measures) werden für einzelne Produktgruppen Ökodesign-Anforderungen verbindlich. Die Erfüllung dieser Anforderungen muss – neben anderen bereits gültigen Vorschriften wie RoHS – gegeben sein, damit das Produkt die CE-Kennzeichnung tragen und damit in der Europäischen Union verkauft, in Betrieb genommen oder importiert werden darf. In Vorbereitung der ersten Stufe von Durchführungsmaßnahmen vergab die Europäische Kommission (DG TREN) seit Frühjahr 2006 technische Vorstudien zu insgesamt 18 Produktgruppen (Lots) und dem horizontalen Thema Standby und Schein-Aus-Verluste (Lot 6). Die zweite Stufe von Vorstudien umfasst drei Studien die von der DG ENTR, und sieben weitere Studien, die von der DG TREN koordiniert werden. In Tabelle 7 sind die bisherigen Vorstudien sowie die Vorschläge des neuen Arbeitsplanes zusammengefasst.

Die Europäische Kommission kann nur Ökodesign-Anforderungen legislativ festlegen, wenn sie nachgewiesen hat, dass von einem Produkt eine bedeutende Umweltbelastung ausgeht und Potential zur Verbesserung besteht. Um diese Begründung für eine Maß-









38 Gesetz über die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (EBPG) im Internet: <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/ebpg/gesamt.pdf>

39 Richtlinie 2005/32/EG vom 6. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (EuP): <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:191:0029:0058:DE:PDF>

nahme zu schaffen, vergibt die Kommission produktspezifische Vorstudien (Preparatory Studies) an Forschungsinstitute und Fachberater. Diese Vorstudien umfassen acht Aufgaben (Tasks) im Zusammenhang mit der Beurteilung der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung der Produkte sowie der Umweltauswirkungen und entsprechender Verbesserungspotentiale. Für diesen Zweck hat die Europäische Kommission eine Methodik (MEEuP) sowie ein Bewertungsinstrumentarium (EcoReport) durch das holländische Beratungsunternehmen Van Holsteijn en Kemna (VHK) entwickeln lassen. Die Methodik entspricht einer vereinfachten Lebenszyklusanalyse (LCA). Die produktbezogene Umweltbewertung erfolgt auf Basis eines hochaggregierten Datensatzes von ausgewählten Materialien und Elektronikkomponenten. Mit diesem Vorgehen wird eine gewisse Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet. Neben der Untersuchung und Bewertung sind die Fachberater in der letzten Aufgabe (Task 8) angehalten, Empfehlungen für ein Ökodesign mit entsprechenden Maßnahmenvorschlägen zu formulieren.

Tabelle 7: Status der EuP Vorbereitungsstudien

DG	STATUS: September 2008	Preparatory Study Task Reports								Consultation Forum	Regulatory Committee	Adoption
		1	2	3	4	5	6	7	8			
TREN	6. Standby and off-mode losses of EuPs									19.10.2007	07.07.2008	(2008)
TREN	7. Battery chargers and External Power Supplies									22.02.2008	(2008)	(2008)
TREN	8. Office lighting									19.12.2007	27.09.2008	(I/2009)
TREN	9. (public) Street lighting									22.06.2007	27.09.2008	(I/2009)
TREN	19. Domestic lighting-including incandescent bulbs/General lighting									28.03.2008	(2008)	(II/2009)
TREN	19. Domestic lighting-reflector lamps and luminaires										(2009 or later)	
TREN	0. Simple Set-Top-Boxes									22.02.2008	26.09.2008	(2008)
TREN	1. Boilers and combi-boilers (gas/oil/electric)									29.02.2008	(2008/09)	
TREN	2. Water heaters (gas/oil/electric)									29.02.2008	(2008/09)	
TREN	11. Electric motors 1-150kW, pumps, circulators and fans									27/29.05.2008		
	standalone glandless circulators									27/29.05.2008	(2008/09)	
	ventilation fans									27/29.05.2008	(2008/09)	
	0.75-200(370)kW electric motors									27/29.05.2008	(2008/09)	
	single stage end suction, vertical multistage and submersible multistage pumps									27/29.05.2008	(2008/09)	
TREN	3. Personal Computers (desktop, laptop, monitors)										(2008/09)	
TREN	4. Imaging equipment (copiers, faxes, printers, scanners, MFD)										(2008/09)	
TREN	5. Televisions										(2008)	(II/2009)
TREN	12. Commercial refrigerators and freezers										(2008/09)	
TREN	14. Domestic dishwashers and washing machines										(2008/09)	
TREN	13. Domestic refrigerators and freezers										(2008/09)	
TREN	10. Residential room conditioning appliances											
	Room air conditioners										(2008/09)	
	Domestic fans										(2008/09)	
TREN	18. Complex Set-Top-Boxes										(2009 or later)	
TREN	16. Laundry dryers										(2009 or later)	
TREN	15. Solid fuel small combustion installations										(2009 or later)	
TREN	17. Vacuum cleaners										(2009 or later)	
ENTR	1. Refrigerating and freezing equipment: service cabinets, walk-in cold rooms, chillers, ice makers, ice cream and milkshake machines, minibars											
ENTR	2. Transformers: distribution transformers; power transformers											
ENTR	3. Sound and imaging equipment: DVD/video players and recorders, video projectors, video game consoles											
TREN	20. Local room heating products											
TREN	21. Central Heating products using hot air to distribute heat (other than CHP)											
TREN	22. Domestic and commercial ovens (electric/gas/microwave), including when incorporated in cookers											
TREN	23. Domestic and commercial hobs and grills, including when incorporated in cookers											
TREN	24. Professional washing machines, dryers and dishwashers											
TREN	25. Non-tertiary coffee machines											
TREN	26. Networked standby losses of EuPs											
TREN	27. Domestic uninterruptible power supplies (UPS)											

	Draft documents
	Finalised documents
	Consultation Forum to be held soon
	Consultation Forum took place
	Draft Implementing Measure published
	Positive vote by the Regulatory Committee
	Implementing Measure: Adoption phase ongoing
	Implementing Measure: adopted
(...)	tentative dates as published by the European Commission

Die bisherigen Ergebnisse der Studien und Ableitung von Gesetzesvorlagen für einzelne Produktgruppen deuten an, dass der Schwerpunkt der gesetzlichen Anforderungen im Bereich Stromverbrauch bzw. Energieeffizienz liegt. Ein sichtbares Anliegen der Kommission ist die Einführung von konkreten Grenzwerten und Energieeffizienzlabeln, wie sie es bereits seit vielen Jahren bei der Weißen Ware gibt. Da ab etwa 2010 die ersten Implementierungsmaßnahmen für wesentliche IKT- und Consumer Electronic-Endgeräte wie PCs, Drucker, TV-Geräte und Set-Top-Boxen in Kraft treten werden, und im Abstand von ca. zwei Jahren weitere Endgeräte wie DVD-Recorder, Video-Projektoren und Game-Konsolen (DG ENTR Lot 3) folgen werden, ist davon auszugehen, dass diese Produktgruppen sich sukzessiv zum Positiven entwickeln. Das bedeutet jedoch nicht, dass der Markt und damit auch der Bestand schlagartig eine Reduktion des Stromverbrauches zeigt. Vielmehr werden durch eine stetige Weiterentwicklung der Leistungs- und Ausstattungsmerkmale dieser Endgeräte die technisch realisierten Einsparpotentiale ggf. überkompensiert.

Die EuP-Vorstudie, die wohl bislang am meisten Aufmerksamkeit bekam, war Lot 6 zum horizontalen Thema "Standby and Off-mode Losses". Der Gegenstand dieser Studie betrifft ein sehr breites Spektrum von Produkten, für das eine universelle Definition des Themas gefunden werden musste. Die existierenden Definitionen für „Standby“ und „Off-mode“ waren unzureichend und nicht auf dem neusten Stand der technischen Entwicklung. Mit der neuen Definition werden drei Betriebsarten (Modes) unterschieden: „Off-mode“, „passive standby“ und „networked standby“. Jede Betriebsart beinhaltet ein definiertes Funktionsspektrum bzw. im Fall von „Off-mode“ keine Funktion. Dieses Klassifizierungskonzept wird derzeit international diskutiert und scheint Eingang sowohl in technische Standards zu finden. Neben dieser grundsätzlichen Erarbeitung einer Definition hat die Vorstudie auch Vorschläge für Mindestanforderungen unterbreitet. Eine Anforderung für die Betriebsart „networked standby“ wurde von der Europäischen Kommission zunächst nicht übernommen, jedoch als EuP-Studie neu ausgeschrieben sowie empfohlen, dass dieses Konzept von entsprechenden Standardisierungsorganen wie der IEC 62301 geprüft werden soll.

2.6 Zusammenfassung der Trends

Steigender Datenverkehr durch Internet Video und TV

Von der Industrie wird global eine deutliche Zunahme des Datenverkehrs prognostiziert. Laut Cisco werden mittelfristig über 75% des Datenverkehrs auf private Endkunden entfallen. Der Schwerpunkt der Anwendung liegt mit über 65% im Bereich von Video und TV. Die Nutzung von Online-Mediatheken und das Streaming von Videos on

Demand nimmt mittelfristig durch eine Fülle von Angeboten stark zu. Das Datenvolumen steigt zudem durch eine zunehmende Bildqualität, gleichwohl High Definition-Fernsehen in Deutschland ein eher längerfristiger Trend ist. Der Datenverkehr wird sich zunehmend auch symmetrisch entwickeln, d.h. dass die Datenraten auch im Upload steigen werden. Treiber dieser Entwicklung sind die Peer-to-Peer Videokommunikation wie Skype. Dieser Trend wird den Bedarf an Server, Speicher und Netzwerktechnik steigern. Trotz zunehmend sparsamerer Technik wird das Datenvolumen den Effizienzgewinn überkompensieren und damit zu einer deutlichen Erhöhung des resultierenden Stromverbrauchs beitragen.

Interaktive Internetnutzung und individualisierte Angebote

Die interaktive Nutzung des Internets wird durch All-IP zunehmen und damit den Bedarf an symmetrischer Breitbandkapazität steigern. Ein wesentlicher Gesichtspunkt hierbei ist auch die Individualisierung von Werbung bzw. Information auf Grundlage der Online-Aktivitäten der Nutzer. Die eigene IP-Adresse hinterlässt Spuren im Netz, die softwarebasiert ausgewertet werden. Es ist festzuhalten, dass sich mit der unbestrittenen Zunahme der interaktiven Nutzung des Internets durch individualisierte Angebote (z.B. Shopping), nutzergenerierte Portale zum Zweck der Information (z.B. Wikipedia), Video on Demand (z.B. YouTube) und Videokommunikation (z.B. Skype), auch die individuellen Online-Zeiten verlängern. Eine Folge der intensiveren Nutzung des Internets sind längere Betriebszeiten der PCs und Monitore sowie die ständige Netzbereitschaft von Home Servern. Zudem wird davon ausgegangen, dass mit einer höheren Videoqualität eine Verlagerung der Datenausgabe von kleineren PC-Displays auf größere TV-Displays erfolgt. Dieser Trend erhöht den resultierenden Stromverbrauch insbesondere von PCs und TV-Geräten in den Haushalten.

Ungewisse Entwicklung bei Breitbandversorgung und Triple Play Services

Das Ausmaß des Anstieges des Datenverkehrs in Deutschland wird im direkten Zusammenhang mit dem Ausbau breitbandiger Zugangsnetze bzw. der Gestaltung von Triple Play Services stehen. Insbesondere im TV-Bereich sind für Deutschland Defizite bei der Digitalisierung zu konstatieren. Derzeit besteht keine flächendeckende Breitbandversorgung in Deutschland, d.h. symmetrische Kapazitäten mit mehreren hundert Mbit/s je Anschluss. Damit ist kaum eine Basis für HDTV gegeben, einem internationalen Trend der sich ab 2012 in Europa stark ausprägen wird. Das technisch größte Potential auch aus Sicht der Energieeffizienz haben direkte Glasfaseranschlüsse (FTTX). Diese ermöglichen eine symmetrische Bandbreite von bis zu mehreren hundert Mbit/s sowie die notwendige Konvergenz von Zugangs- und Transportnetz. Der Anschluss und die Verlegung im Haus sind jedoch kostenintensiv. VDSL, TV-Kabel, Satelliten-TV

und Mobilfunk bilden kurzfristig und im ländlichen Bereich noch Alternativen. Langfristig werden sie jedoch nicht mehr dem Bedarf entsprechen und werden als Hybrid durch photonische Netze ergänzt. Der Ausbau der IKT-Netzinfrastruktur für Triple Play Services hat eine hohe Priorität. Engpässe in den Zugangs- und Transportnetzen werden sich Experten zufolge sehr negativ auf den Stromverbrauch auswirken. Darüberhinaus ist anzunehmen, dass mit einem notwendigen Ausbau der Netze auch der resultierende Stromverbrauch steigen wird. Eine Quantifizierung ist auf Grund fehlender statistischer Daten derzeit nicht möglich.

Energieeffizienz elektronischer Komponenten und Endgeräte steigt

Eine positive Entwicklung ist in der schrittweisen Verbesserung der Energieeffizienz elektronischer Komponenten wie Prozessoren, Grafikkarten, Speichersystemen, Displays und Netzteilen zu konstatieren. Fortschritte werden durch eine stetige Miniaturisierung, neue Materialien und heterogene Systemintegration erzielt. Dieser Trend spricht für eine sukzessive Erneuerung des technischen Ausstattungsgrades und wird auch durch die Europäische Umweltgesetzgebung EuP/EBPG gefördert. Zu bedenken ist bei einer solchen Strategie jedoch der Ressourcenverbrauch über den gesamten Produktlebenszyklus. Energieeffizienzgewinne müssen über längere Zeiträume akkumuliert werden, damit sie nicht durch einen höheren Ressourcenverbrauch (z.B. Neanschaffung) wieder kompensiert werden. Für die Prognose wird ein gutes Energie-sparpotential für Endgeräte in allen Betriebszuständen angenommen. Hocheffiziente Komponenten werden auch in den größeren Anlagen wie Servern und Routern zu einer Reduktion des Stromverbrauchs führen. Ein klares Defizit besteht derzeit noch in der Anpassung der Software an neue Hardware-Komponenten. Dieses Defizit kann zu einer Verzögerung bei der Realisierung des Hardware-basierten Einsparpotentials führen.

Rechenzentren – Große Zuwächse aber auch hohes Stromeinsparpotential

Zunächst ist festzustellen, dass sich über die letzten Jahre im Bereich von Servern und Rechenzentren ein steigendes Umweltbewusstsein etabliert hat. Viele Unternehmen haben die Senkung der Stromkosten als essentielle Geschäftsaufgabe verstanden und handeln entsprechend. Unterstützt wird diese Entwicklung durch energiesparende Server- und Klimatechnik der entsprechenden Industrie. Die Konsolidierung von Server- und Speicherleistung durch höhere Auslastung basierend auf Virtualisierung hat ein weiteres Potential zur Energieeinsparung. Andererseits ist ein Trend zu höherer Redundanz und damit ein Klassenwechsel hin zu Tier 3 und Tier 4 Rechenzentren zu verzeichnen. Dieser Trend beruht auf der steigenden Digitalisierung aller Geschäfts- und Privatbereiche und dem Bedürfnis nach hoher Datensicherheit und Verfügbarkeit.

Mehr Redundanz bedeutet aber auch eine deutliche Zunahme entsprechender Rechenzentren. Als Trend ist für die Prognose festzuhalten, dass die Zunahme der Server und Rechenzentren die Effizienzgewinne der Technik und Infrastruktur kompensieren und in Summe zu einem Anstieg des Stromverbrauches führen werden.

Thin Clients und Cloud Computing

Thin Clients als Alternative zu voll ausgestatteten PC-Arbeitsplätzen setzen sich in Unternehmen und Behörden zunehmend durch. Dieser Trend wird auch vor dem Hintergrund steigender Stromkosten und potentieller Einsparpotentiale von Thin Client-Konzepten vorangetrieben. Für den privaten Bereich werden Thin Client-Konzepte weitaus ambivalenter diskutiert. Idealtypisch könnten Stromsparerpotentiale aus dem kommerziellen Bereich auf die Haushalte übertragen werden. Ein wesentliches Element in diesem Szenario ist jedoch die uneingeschränkte Datensicherheit und Verfügbarkeit. Die unterschwellige Angst vor einer Infiltration der Privatsphäre ist das größte Hemmnis. Als Fazit ist festzuhalten, dass private Thin Clients eine eher langfristige Entwicklung sind. Mittelfristig werden sich mit größerer Wahrscheinlichkeit hybride Server- und Speicherlösungen in den Haushalten durchsetzen. In hybriden Konzepten ist aber auch eine teilweise Datenspeicherung bzw. Verlagerung von Diensten ins Netz nicht ausgeschlossen. In diesem Fall wird das herkömmliche Client-Server-Konzept durch ein Peer-to-Peer (P2P) Konzept ersetzt. Diese Entwicklung wird einen starken symmetrischen Datenverkehr bewirken. Auswirkungen auf den Stromverbrauch sind noch nicht vorhersagbar.

3 Prognose

3.1 Einführung

In diesem Kapitel wird zunächst auf Grundlage der Bestandsaufnahme für das Jahr 2007 und der umfassenden Trendanalyse eine Basisprognose für die Entwicklung des Strombedarfs für IKT-Anwendungen in Deutschland erstellt. Die Referenzjahre für die Prognose sind 2010, 2015 und 2020.

Für die Basisprognose wird ein „business-as-usual“-Szenario angenommen, wobei für einzelne Produktgruppen jedoch grundsätzlich absehbare technische Verbesserungen berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere für die Annahmen zum Standby.

Die Prognose folgt dabei dem gleichen Berechnungsmodell wie bei der Bestandsaufnahme (Abbildung 4). Das bedeutet, dass für die einzelnen Produktgruppen innerhalb der hier unterschiedenen vier Sektoren Annahmen zur zukünftigen Entwicklung des Gerätebestandes, der Leistungsaufnahme in den einzelnen Betriebszustände sowie zu typischen künftigen Nutzungsmustern zu treffen sind. Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt. Die dahinter stehenden Datensätze werden im Anhang (Kapitel 7) detailliert dargestellt.

Ergänzend zu der Basisprognose werden für die Produktgruppen Television und Computer in den privaten Haushalten zusätzliche Markt- und Nutzungsszenarien erstellt. Sie zeigen, in welcher Größenordnung sich Veränderungen dieser Faktoren gegenüber der Basisentwicklung auf den Stromverbrauch auswirken.

Des Weiteren wird ein allgemeines „Green IT“-Szenario erstellt. Darin werden deutliche Verbesserungen im Hinblick auf die Energieeffizienz der Geräte und Anlagen (Best Practice) angenommen. Für den Gerätebestand und die Nutzungsmuster werden weitestgehend die gleichen Annahmen wie in der Basisprognose getroffen.

3.2 Basisprognose bis 2020

3.2.1 Entwicklung des Gesamtstromverbrauchs der IKT

Nach der Basisprognose wird der Stromverbrauch für IKT in Deutschland zwischen 2007 und 2020 um 20% von 55,4 TWh auf 66,7 TWh ansteigen. Dabei verläuft die Entwicklung in den einzelnen Sektoren unterschiedlich. Während für die Endgeräte in den privaten Haushalten und die Rechenzentren ein weiterer Anstieg des Strombedarfs erwartet wird, bleibt der Verbrauch für Endgeräte in Unternehmen und für den Bereich Netzzugang und Kernnetz demnach etwa konstant (Abbildung 26).

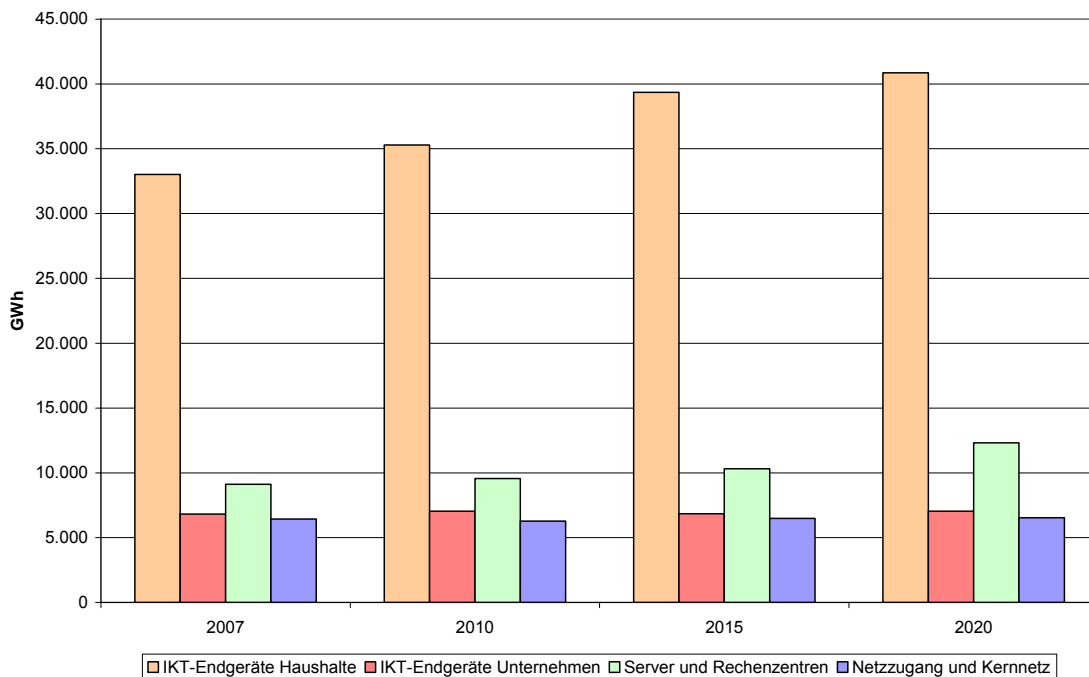


Abbildung 26: Basisprognose des Stromverbrauchs der IKT – Entwicklung des Stromverbrauchs in den einzelnen Sektoren

Dadurch ergeben sich auch leichte Anteilsverschiebungen der Sektoren am gesamten Stromverbrauch (Abbildung 27). Der auch heute schon deutlich dominierende Anteil der privaten Haushalte am IKT-bedingten Stromverbrauch wird noch weiter zunehmen, während die Anteil der Unternehmen und des Bereichs Mobilfunk und Festnetz bis 2020 auf jeweils etwa 10% zurückgehen werden.

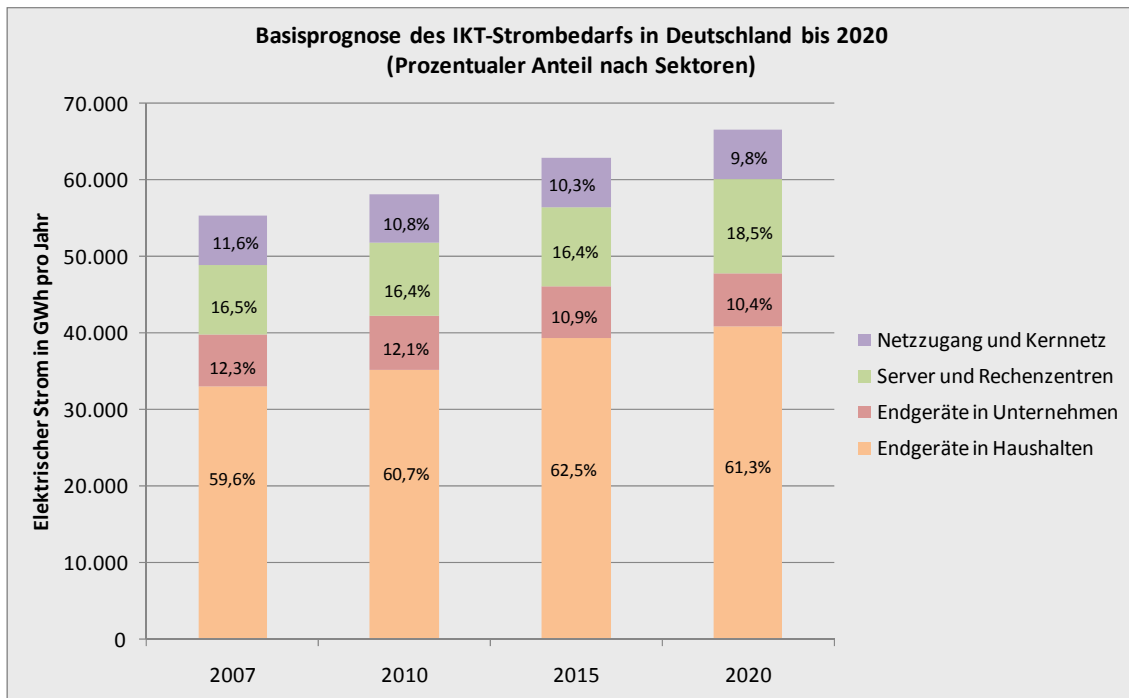


Abbildung 27: Basisprognose des Stromverbrauchs der IKT – Anteilsveränderungen der Sektoren

Betrachtet man die in der Basisprognose erwartete Entwicklung des Stromverbrauchs für IKT-Endgeräte nach Betriebszuständen – in den beiden übrigen Sektoren spielt der Standby-Modus keine Rolle –, so wird der Stromverbrauch im Active mode bis 2020 überproportional um rund 40% zunehmen, während der Verbrauch im Standby schon im Basisszenario von 11,1 TWh in 2007 auf 7,3 TWh zurückgeht (Abbildung 28). Dies ist auf die erwarteten technischen Effizienzverbesserungen in diesem Betriebszustand zurückzuführen, die teilweise autonom, teilweise jedoch auch durch energiepolitische Maßnahmen vor allem auf der EU-Ebene (EuP-Richtlinie) bedingt sind.

Als Grundlage für die nachfolgende detaillierte Betrachtung der einzelnen Sektoren zeigt Abbildung 31 nochmals zusammenfassend die in der Basisprognose erwartete Entwicklung des IKT-bedingten Stromverbrauchs bis 2020 nach Hauptanwendungen in den Sektoren.

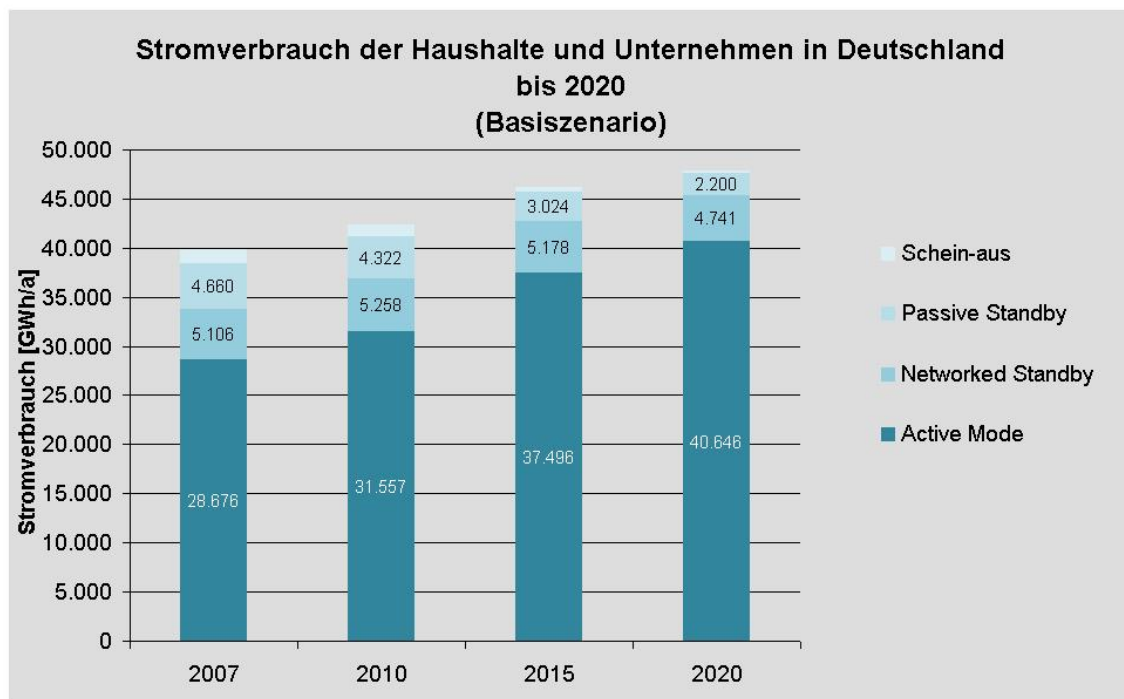


Abbildung 28 Basisprognose des Stromverbrauchs für IKT-Endgeräte in Haushalten und Unternehmen nach Betriebszuständen

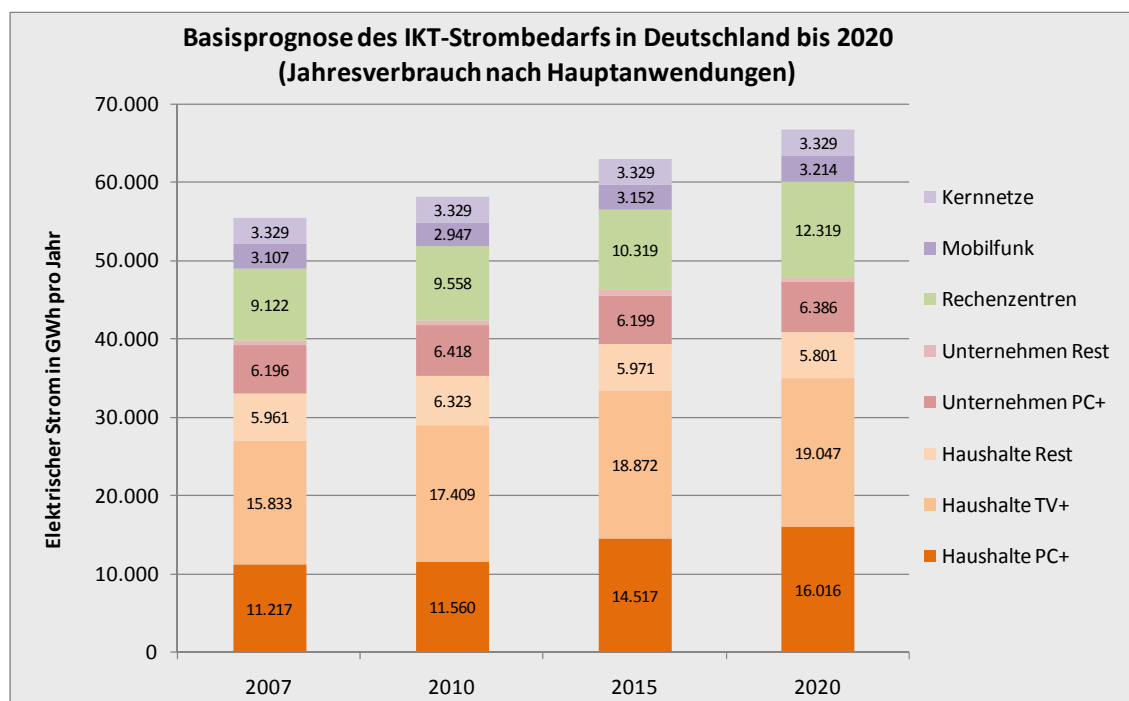


Abbildung 29: Basisprognose des IKT-bedingten Stromverbrauchs in Deutschland bis 2020 nach Hauptanwendungen

3.2.2 Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in privaten Haushalten

Nach der Basisprognose wird der IKT-bedingte Stromverbrauch der privaten Haushalte auch in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Bis 2020 wird ein Anstieg um fast 25% von 33 TWh in 2007 auf knapp 40 TWh erwartet. Der Zuwachs erfolgt dabei in erster Linie in den Produktgruppen Television und Computer (TV+ bzw. PC+, jeweils inkl. Peripheriegeräte), während der Verbrauch in den übrigen Bereichen stagniert (Abbildung 29). Aufgrund ihrer wachsenden Bedeutung für den Stromverbrauch werden im Folgenden die Bereich TV+ und PC+ vertieft im Hinblick auf die für den Verbrauchsanstieg verantwortlichen Einflussfaktoren untersucht. In Abschnitt 7.1.1 des Anhangs sind die dahinter stehenden Annahmen zur erwarteten Entwicklung des Gerätebestands, der Nutzungszeiten und der Leistungsaufnahme in den verschiedenen Betriebszuständen nochmals detailliert dargestellt. Um den Einfluss wichtiger Parameter besser einordnen zu können, werden außerdem einzelne Zusatzszenarien für das Jahr 2020 berechnet, in denen das Basisszenario leicht variiert wird.

Die Entwicklung des Gerätebestandes als ein wichtiger verbrauchsbestimmender Parameter ist dabei in allen Szenarien – auch in dem in Abschnitt 3.3 dargestellten Green IT-Szenario – identisch. Für die Bestandsprognose wurden zunächst die Ausstattungsraten der Haushalte für die einzelnen Gerätegruppen bis 2020 fortgeschrieben. Dabei wird insbesondere für Computer (inkl. Peripheriegeräten), Set-Top-Boxen, Router sowie die für die meisten mobilen Geräte mit weiter steigenden Ausstattungsraten gerechnet, während für die übrigen Geräte von einer weitgehenden Sättigung im Haushaltsbereich ausgegangen wird. Der gesamte Gerätebestand ergibt sich dann durch Verknüpfung der geschätzten Ausstattungsraten mit der Zahl der Haushalte im jeweiligen Prognosejahr. Diese wurde in Anlehnung an die 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes (DeStatis 2006), Variante V1-W2 (Trend), abgeschätzt, wonach bis 2020 mit einem leichten Anstieg der Zahl der Haushalte in Deutschland von 39,7 Mio. in 2007 auf 41,2 Millionen in 2020 (2010: 40,1 Mio.; 2015: 40,6 Mio.) gerechnet wird. Die sich daraus für das Jahr 2020 im Vergleich zum Basisjahr 2007 ergebende Entwicklung des Bestands an IKT-Endgeräten in privaten Haushalten zeigt Abbildung 31.

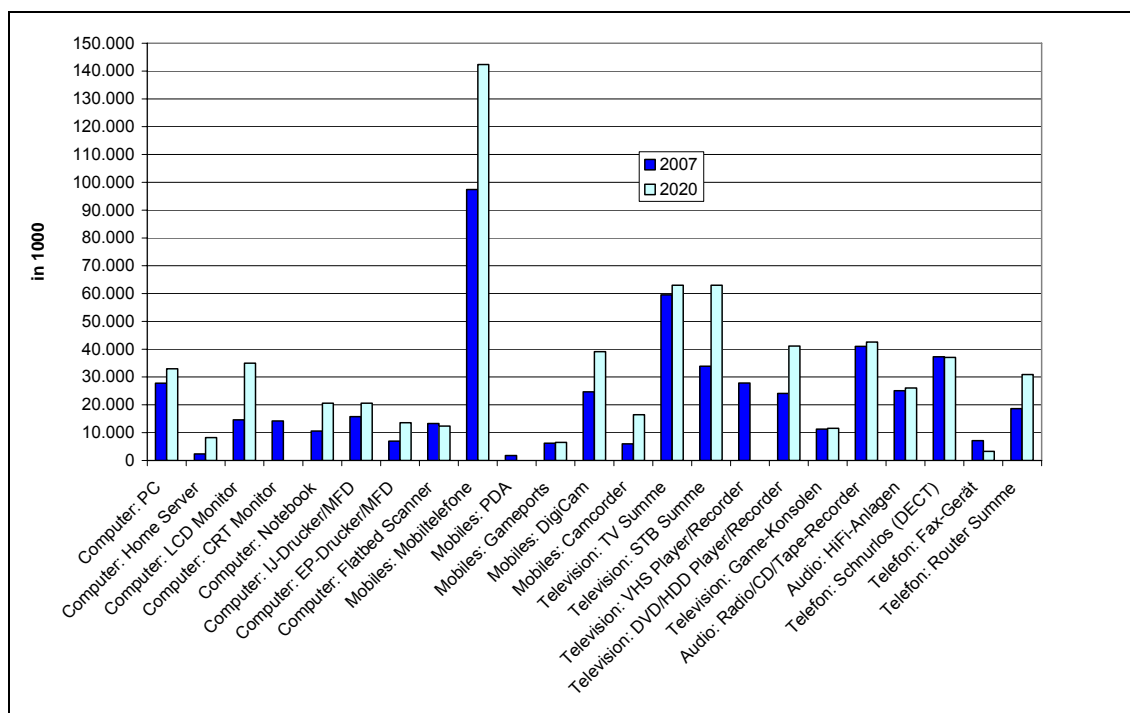


Abbildung 30: Erwartete Entwicklung des Bestands an IKT-Endgeräten in privaten Haushalten zwischen 2007 und 2020

3.2.2.1 Basisszenario TV

Der Bereich TV+ ist für knapp die Hälfte (48%) des IKT-bedingten Strombedarfs in Haushalten verantwortlich. Der TV-Stromverbrauch wird von 15,8 TWh/a im Jahr 2007 auf 19,0 TWh/a im Jahr 2020 ansteigen. Bei TV-Geräten entwickelt sich der Markt immer mehr in Richtung großformatiger (full)HD-fähiger Displays. Laut BITKOM sind 2008 bereits knapp 85% aller verkauften Flachbildschirme HD-tauglich. Innerhalb der Produktgruppe TV+ sind es die Fernseher selbst, die den höchsten Stromverbrauch verantworten (68,6%, siehe Abbildung 31). In Summe verbrauchten Fernseher 2007 10,9 TWh. Dieser Stromverbrauch wird bis 2020 auf 13,6 TWh ansteigen.

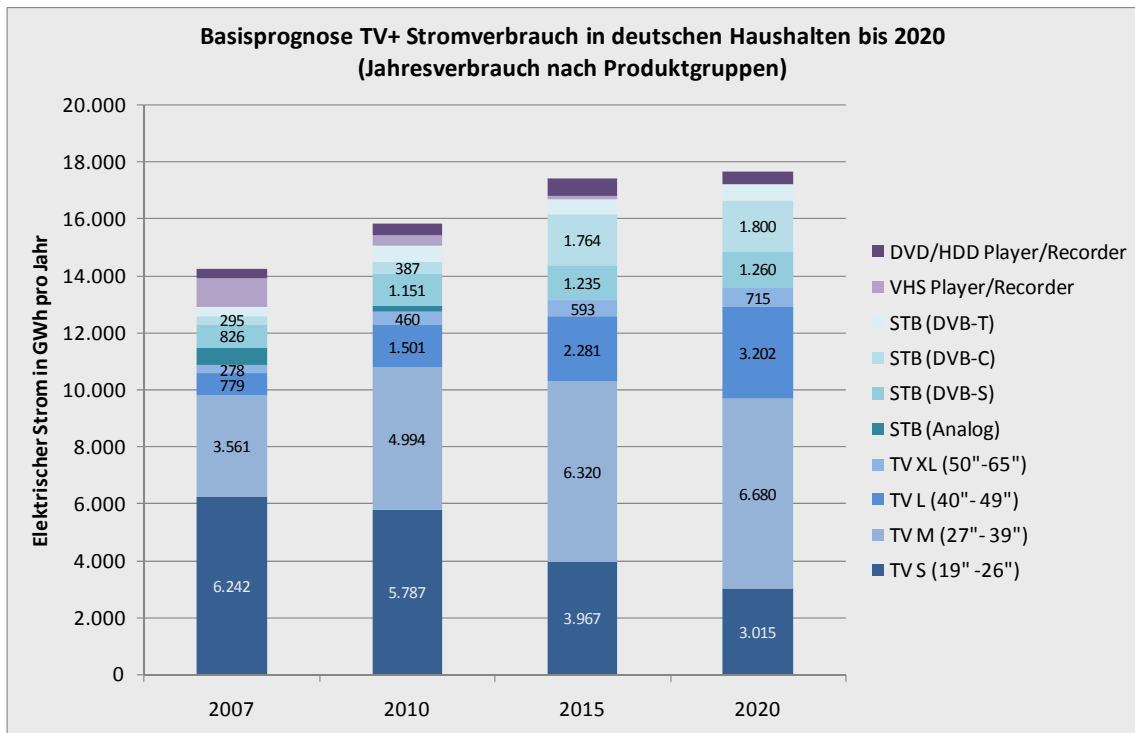


Abbildung 31: Stromverbrauch von TV-Geräten und Peripherie in Deutschland bis 2020 – Basisprognose

Das Basisszenario berücksichtigt hierbei eine Marktverschiebung hin zu mittelgroßen und großen Fernsehern, die höhere Leistungsaufnahme von (full)HD-fähigen Geräten sowie eine weitere Zunahme des Gerätebestandes mit entsprechender Nutzung (Zweitgeräte).

Zudem kann mit der Nutzung von Internetanwendungen über den Fernseher mit einer zunehmenden Nutzungsdauer gerechnet werden, die im Basisszenario jedoch nicht abgebildet ist. Dies wird aber im Zusatzszenario betrachtet (Kapitel 3.2.2.2.).

VHS-, DVD und HD-Recorder/Spieler machen nur einen kleinen Anteil am Stromverbrauch des Bereichs TV+ aus, der mit Effizienzsteigerungen besonders im Bereich des Standbys noch weiter abnehmen wird. Zudem wird angenommen, dass VHS-Recorder sukzessive aus der Nutzung genommen werden, gleichwohl eine individuelle Weiternutzung dieses weitverbreiteten Aufnahmeapparates nicht ausgeschlossen werden kann.

Anders sieht es bei den Set-Top-Boxen (STB) aus. Diese machen innerhalb dieser Produktgruppe 13,0% des Stromverbrauchs aus. Im Rahmen der im Basisszenarios angenommen Zahlen steigt der Anteil auf 18,9%. Durch die zunehmende Digitalisierung der Fernsehübertragung und der Komplettumstellung im Jahr 2012, benötigen alle

Haushalte, die fernsehen möchten, eine STB. Wie genau die Umstellung erfolgen wird und welche Bereiche besonders wachsen werden (Satellit, Kabel, terrestrisch) ist nicht ganz klar. Im Basisszenario wurde mit einer starken Verbreitung der kabelgebundenen TV-Übertragung und damit einhergehend DVB-C Set-Top-Boxen gerechnet. Da jedoch mit ähnlichen Leistungsaufnahmen bei den verschiedenen STBs gerechnet wurde (siehe 7.1.1.3.3), wirkt sich eine Verschiebung zwischen den Technologien nicht auf das Gesamtergebnis aus.

3.2.2.2 Zusatzszenarien TV

Um den Einfluss von großformatigen Displays und veränderten Nutzungsmustern bei Fernsehern zu verdeutlichen wurden zwei „Zusatzszenarien“ für das Jahr 2020 berechnet in denen das Basisszenario leicht variiert wird.

Für das erste Szenario wurde die durchschnittliche Bildschirmgröße erhöht. Der Gesamtbestand an Fernsehern wurde nicht verändert, lediglich zu vereinfachten Rechnung leicht abgerundet, jedoch wurden die Anteile innerhalb der Größensegmente S (19" – 26"), M (27" – 39"), L (40" – 49") und XL (50" – 65") zu Gunsten von Geräten mit größeren Displays verschoben. Die Verteilung sieht dann wie folgt aus (Basisszenario → Zusatzszenario):

- Größensegment S: 34,5% → 23,8%
- Größensegment M: 47,0% → 47,6%
- Größensegment L: 16,0% → 23,8%
- Größensegment XL: 2,5% → 4,8%

Dadurch ergibt sich für das Jahr 2020 ein erhöhter Strombedarf gegenüber dem Basisszenario von 1,4 TWh/a (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Zusatzszenarien für Fernseher

Referenzjahr 2020	TV Geräteklasse (Displaygröße)	Gerätebestand (in 1000 Stück)	Leistungsaufnahme Active (in Watt)	Nutzungsmuster (Std. pro Jahr)	Jahresverbrauch Betrieb (in GWh)
Basisprognose					
	TV S (19" -26")	21.739,3	85,0	1.460,0	2.697,8
	TV M (27" - 39")	29.615,9	144,5	1.460,0	6.248,1
	TV L (40" - 49")	10.082,0	212,5	1.460,0	3.127,9
	TV XL (50"-65")	1.575,3	306,0	1.460,0	703,8
	SUMME:				12.777,6
Szenario 1: Größere Displays im Bestand					
	TV S (19" -26")	15.000,0	85,0	1.460,0	1.861,5
	TV M (27" - 39")	30.000,0	144,5	1.460,0	6.329,1
	TV L (40" - 49")	15.000,0	212,5	1.460,0	4.653,8
	TV XL (50"-65")	3.000,0	306,0	1.460,0	1.340,3
	SUMME:				14.184,6
Szenario 2: Längere Nutzungsdauer pro Tag und größere Displays					
	TV S (19" -26")	15.000,0	85,0	1.460,0	1.861,5
	TV M (27" - 39")	15.000,0	144,5	1.460,0	3.164,6
	TV M (27" - 39")	15.000,0	144,5	1.825,0	3.955,7
	TV L (40" - 49")	15.000,0	212,5	1.825,0	5.817,2
	TV XL (50"-65")	3.000,0	306,0	1.825,0	1.675,4
	SUMME:				16.474,3

Zusätzlich wurde im zweiten Szenario, neben der Verschiebung innerhalb der Größenklassen, die Nutzungsdauer der Großgeräte um 1 h/d von 4 auf 5 h/d erhöht. Die Erhöhung gilt für die Größensegmente L, XL und die Hälfte der Geräte des Segments M. Daraus resultiert ein zusätzlicher Stromverbrauch von 2,3 TWh/a gegenüber Szenario 1 bzw. 3,7 TWh/a gegenüber dem Basisszenario.

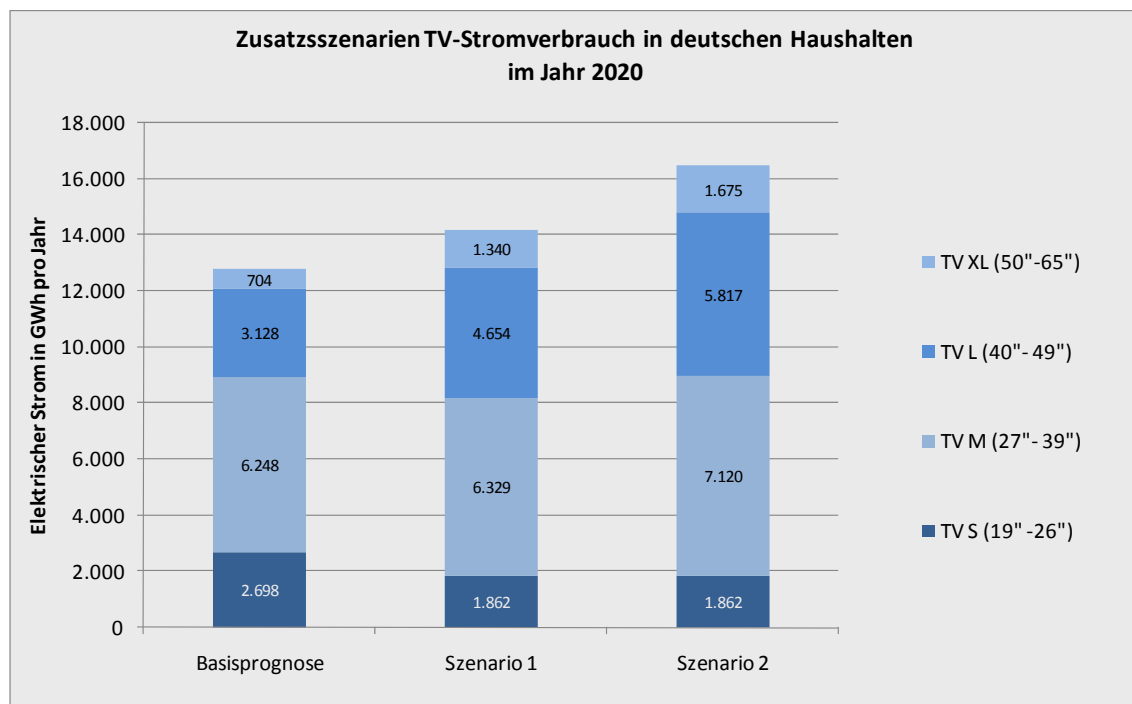


Abbildung 32: Vergleich des Stromverbrauchs von Fernsehgeräten im Jahr 2020 nach verschiedenen Szenarien

Diese Zusatzszenarien zeigen die deutliche Zunahme des TV-bedingten Stromverbrauchs durch potentielle in der Trendanalyse beschriebene Entwicklungen.

3.2.2.3 Basisszenario PC

Der zweite Großverbraucher ist nach den TV-Geräten die Gruppe PC+, die in Haushalten 34% des IKT-bedingten Stromverbrauchs ausmacht. Hierbei sind es wiederum die Computer selbst, die mit 61% (Desktops und Notebooks) innerhalb dieser Gruppe den meisten Strom benötigen (siehe Abbildung 33). Betrachtet man Computer inkl. Peripherie in Haushalten und Unternehmen zusammen, macht diese Produktgruppe mit 17,4 TWh/a 31,4% des IKT-bedingten Stromverbrauchs in Deutschland aus.

Die Bestandsaufnahme zeigt für Deutschland einen guten Ausstattungsgrad an Computern inklusive Peripherie (PCs, Home Server, Notebooks, Imaging Equipment). Die Verkäufe moderner Geräte sind auf einem hohen Niveau. Laut BITKOM steigt die Zahl der verkauften PCs im laufenden Jahr 2008 um 1,5 Millionen auf 11,6 Millionen Stück, was einem Wachstum von 15% gegenüber 2007 entspricht. Mit 4,4 Millionen bzw. 38% des Gesamtmarktes werden genauso viel Desktop-PCs verkauft wie im Vorjahr. Im Gegensatz dazu wachsen die Absatzzahlen von Notebooks um 26%. Dies entspricht laut BITKOM 7,2 Millionen Geräten bzw. 62% des Gesamtmarktes.

Bei den Monitoren sind es noch die CRT-Monitore, die bei etwa gleicher Anzahl deutlich mehr Strom verbrauchen. Dies wird sich aber in den nächsten Jahren durch das Ausscheiden der CRT-Monitore aus dem Markt in Richtung der LCD-Monitore verschieben. Damit sinkt kurzfristig auch der Gesamtstromverbrauch der Monitore, welcher durch intensivere Nutzung bis zum Jahr 2020 wieder auf ein Niveau von 2,2 TWh/a ansteigen wird.

Drucker und Scanner machen nur einen kleinen Teil des Stromverbrauchs aus. Diese Geräte verbringen den Großteil ihrer Nutzungsdauer im Standby, so dass die angenommenen Effizienzsteigerungen in diesem Bereich bis 2020 trotz leichter Zunahme der Stückzahlen zu einer Halbierung des Verbrauchs von 1 TWh/a in 2007 auf 0,4 TWh/a in 2020 führen. In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung von gesetzlichen Anforderungen für Netzwerk-Standby (EuP) in Zukunft zu beobachten.

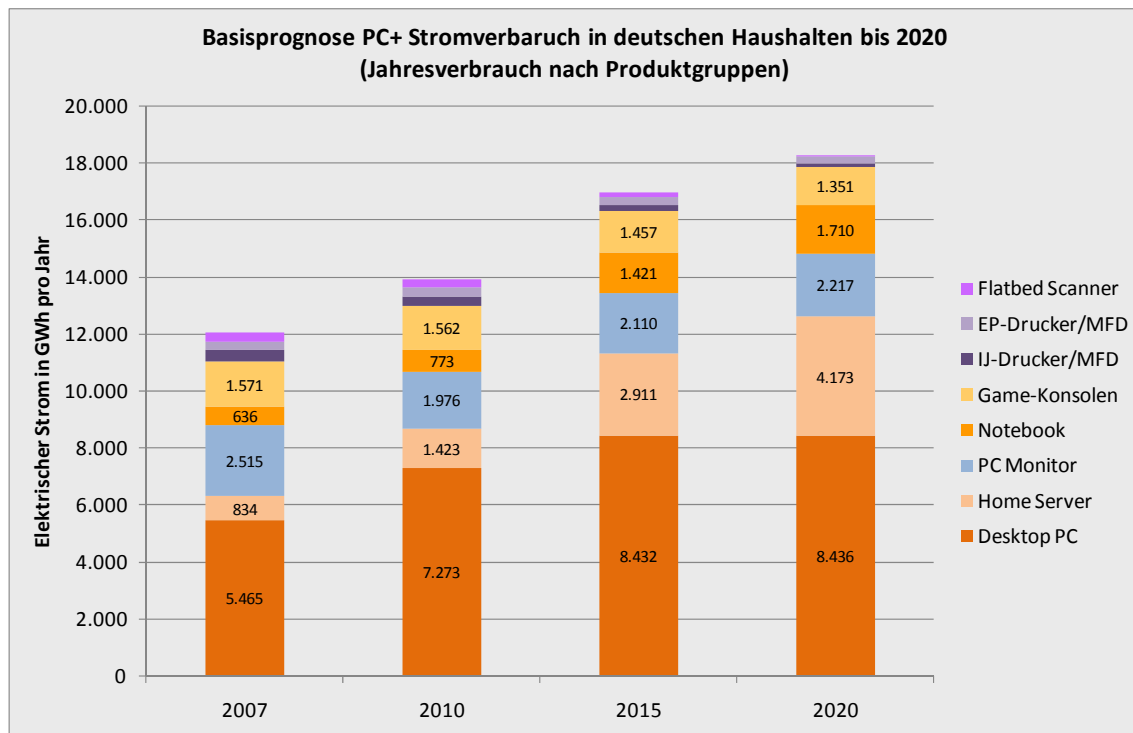


Abbildung 33: Stromverbrauch von PCs und Peripherie in deutschen Haushalten bis 2020 – Basisszenario

3.2.2.4 Zusatzszenario PC

Für PCs wurde ähnlich wie für TV-Geräte ein kurzes Zusatzszenario berechnet, wodurch Einsparmöglichkeiten durch sogenannte „Thin Clients“ in Haushalten aufgezeigt werden. Diese Art des Thin Clients in Haushalten sieht vor, dass die Speicherung von (großformatigen) Daten nicht mehr auf Endgeräten zu Hause, sondern über das Inter-

net auf externen Servern geschieht. Es wird angenommen, dass dadurch die Anzahl von Home Servern reduziert wird. Des Weiteren wird innerhalb des „Thin Client“-Szenarios angenommen, dass auch ein Großteil der Rechenleistung extern übernommen wird. Deshalb werden in diesen Haushalten nur noch „abgespeckte“ Rechner benötigt, die im Szenario über eine Verschiebung hin zu Notebooks dargestellt werden. Zur Vereinfachung des Szenarios wird keine Veränderung der Stückzahlen der Monitore angenommen. Für dieses Szenario wird eine sehr schnelle Verbreitung der „Thin Clients“ angenommen. Die prozentuale Verbreitung sieht wie folgt aus:

- 2010: 10% aller PCs
- 2015: 25% aller PCs
- 2020: 50% aller PCs

Tabelle 9: "Thin Client"-Szenario in Haushalten

	TV Geräteklasse (Displaygröße)	Gerätebestand (in 1000 Stück)	Leistungsaufnahme Active (in Watt)	Nutzungsmuster (Std. pro Jahr)	Jahresverbrauch Betrieb (in GWh)
Basisprognose					
2010	PC	28.878,0	117,0	1.642,5	5.549,6
	Home Server	3.609,7	80,0	4.380,0	1.264,9
	Notebook	12.032,5	35,0	1.460,0	614,9
	SUMME:				7.429,3
2015	PC	31.690,8	121,0	1.825,0	6.998,1
	Home Server	5.688,1	80,0	6.205,0	2.823,6
	Notebook	16.251,7	36,0	1.642,5	961,0
	SUMME:				10.782,7
2020	PC	32.947,7	121,0	1.825,0	7.275,7
	Home Server	8.236,9	80,0	6.205,0	4.088,8
	Notebook	20.592,3	37,0	1.825,0	1.390,5
	SUMME:				12.755,0
Szenario 1: Thin Clients in Haushalten					
2010	PC	25.990,2	117,0	1.642,5	4.994,6
	Home Server	3.248,8	80,0	4.380,0	1.138,4
	Notebook	14.920,3	35,0	1.460,0	762,4
	SUMME:				6.895,4
2015	PC	23.768,1	121,0	1.825,0	5.248,6
	Home Server	4.266,1	80,0	6.205,0	2.117,7
	Notebook	24.174,4	36,0	1.642,5	1.429,4
	SUMME:				8.795,7
2020	PC	16.473,9	121,0	1.825,0	3.637,8
	Home Server	4.118,5	80,0	6.205,0	2.044,4
	Notebook	37.066,2	37,0	1.825,0	2.502,9
	SUMME:				8.185,1

Die aus der prozentualen Verteilung resultierenden Stückzahlen und Verbräuche sind in Tabelle 9 dargestellt. Für 2020 ergibt sich dadurch ein reduzierter Stromverbrauch von 4,6 TWh/a gegenüber dem Basisszenario. Bezieht man die Verbräuche in Standby und Scheinaus mit ein erhöht sich die Einsparung auf 4,8 TWh/a.

Gleichwohl dieses Szenario in dieser schnellen Umsetzung recht unrealistisch ist, zeigt es das Potential einer solcher Nutzungsänderung und neuen Gerätekonfiguration für

die Reduzierung des Stromverbrauchs. Dieses Ergebnis ist noch mal in Abbildung 34 graphisch dargestellt (siehe zum Vergleich das Basisszenario in Abbildung 33).

Nicht dargestellt in diesem Zusatzszenario ist der zusätzliche Strombedarf für Server und Datenübertragung zu externen Datenverarbeitung und -speicherung. Da jedoch große Rechenzentren effizienter sind als kleinere Endgeräte ist auch unter Einbeziehung dieser Verbräuche mit einer Einsparung zu rechnen.

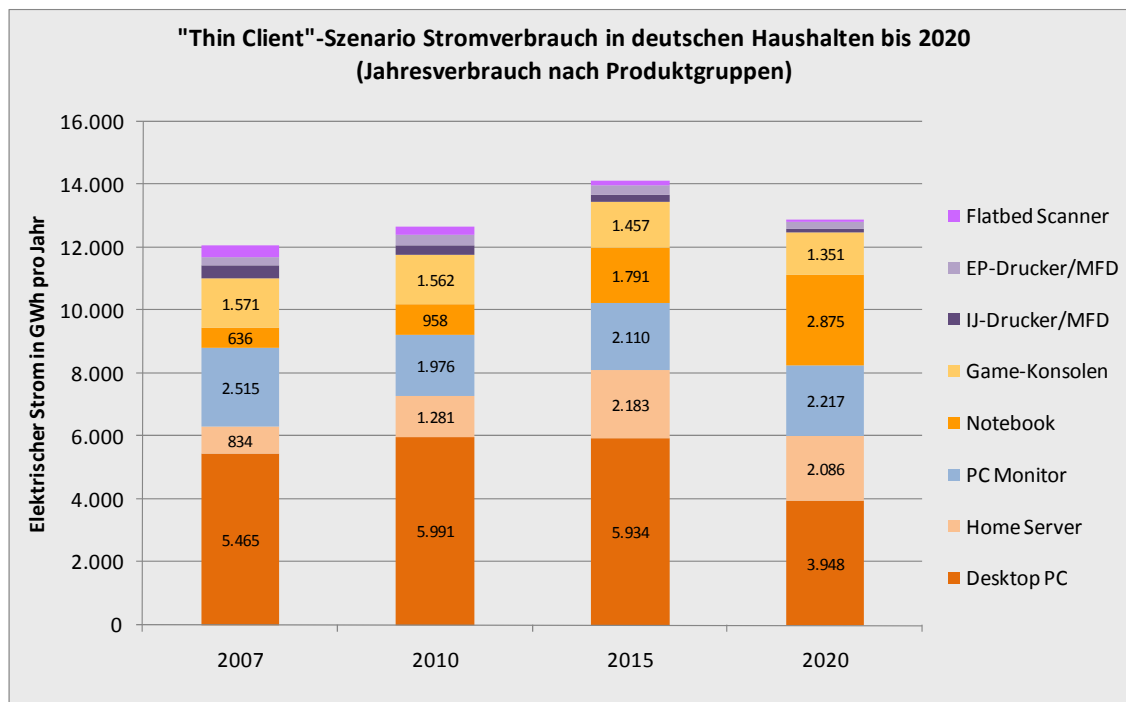


Abbildung 34: Stromverbrauch von PC+ in deutschen Haushalten bis 2020 nach dem "Thin Client"-Szenario

3.2.2.5 Sonstige Produktgruppen

Die mobilen Endgeräte fallen trotz ihrer hohen Stückzahl von insgesamt rund 136 Millionen im Jahr 2007, die bis 2020 auf über 200 Millionen anwachsen wird aufgrund ihrer geringen Leistungsaufnahme vom Stromverbrauch her kaum ins Gewicht. Im Jahr 2007 machten sie 0,48 TWh/a bzw. 1,5% des IKT-bedingten Stromverbrauchs der Haushalte aus. Aufgrund der weiteren Durchdringung des Marktes mit kleinen mobilen Endgeräten steigt der Stromverbrauch in diesem Segment zwar bis 2020 auf 0,73 TWh/a an, der Anteil am IKT-bedingten Stromverbrauch liegt aber weiterhin unter 2%.

Der Stromverbrauch von Audiogeräten in deutschen Haushalten betrug 2007 noch rund 3,2 TWh/a, was knapp 10% des IKT-bedingten Stromverbrauchs entspricht. Die

große Stückzahl der einfachen Radios/Tape-Recorder mit ihrer hohen Leistungsaufnahme im Standby sowie die hohe Leistungsaufnahme der Verstärker und Boxen bei größeren HiFi-Anlagen sind für den relativ hohen Stromverbrauch verantwortlich. Bis 2020 wird dieser insbesondere durch Verbesserungen des Standbys auf 2,1 TWh/a absinken.

Innerhalb des Segments Telefonie liegen die Stromverbräuche der Schnurlos-Telefone und Faxgeräte sowie des Internet-Zugangs (Router) heute mit jeweils rund 1,1 TWh etwa in der gleichen Größenordnung. Bis 2020 wird jedoch mit einem deutlichen Anstieg des Stromverbrauchs für Router auf rund 1,9 TWh gerechnet, während bei den Telefonen ein leichter Rückgang erwartet wird.

Eine zusammenfassende Darstellung des Stromverbrauchs der sonstigen Produktgruppen in den privaten Haushalten zeigt Abbildung 37.

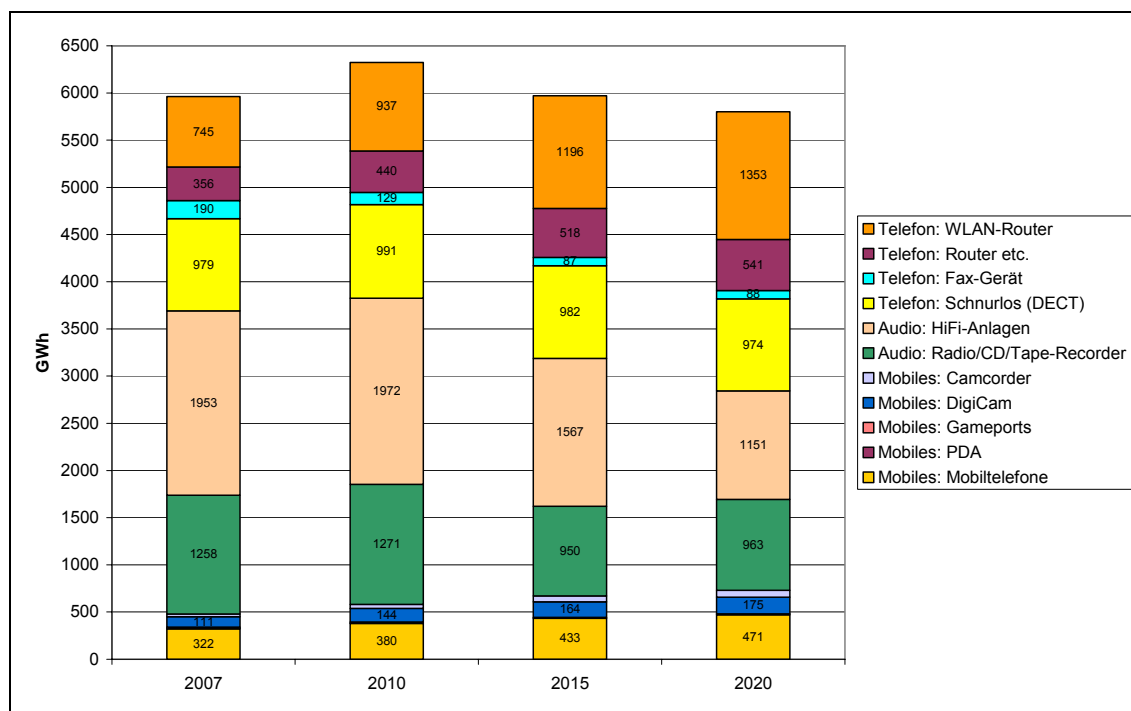


Abbildung 35: Stromverbrauch der sonstigen Produktgruppen in Haushalten im Basisszenario 2007-2020

3.2.3 Stromverbrauch der IKT-Endgeräte in Unternehmen

Im Basisszenario wird für den Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen zwischen 2007 und 2020 mit einem geringfügigen Anstieg von 6,8 TWh auf 7,0 TWh gerechnet (Abbildung 36).

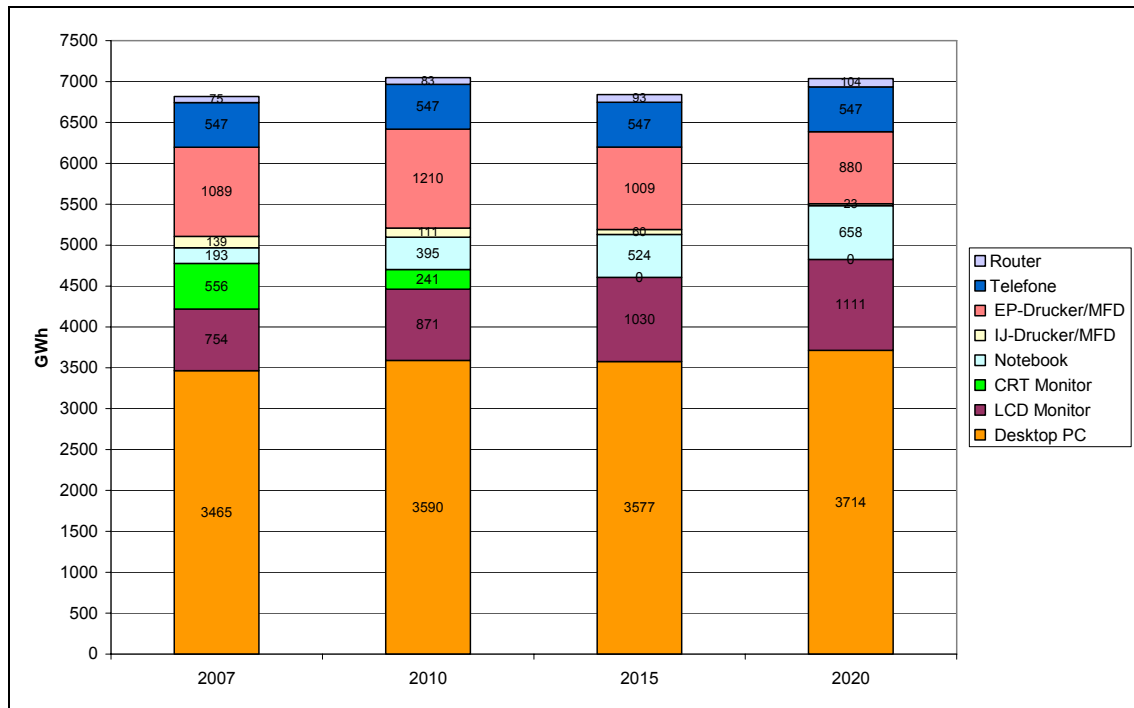


Abbildung 36: Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen im Basisszenario 2007 bis 2020 nach Gerätegruppen

Dahinter stehen folgende Annahmen:

- Bei Computern wird sowohl für Desktop-PCs als auch für Notebooks mit einer weiter steigenden Ausstattung pro Beschäftigtem gerechnet, wobei das Wachstum bei den energieeffizienteren Notebooks stärker ausfällt. Etwas abgeschwächt wird das durch die steigenden Ausstattungsraten bedingte Wachstum des Gerätebestands durch die nach 2015 rückläufigen Zahl der Erwerbstätigen, die nach den hier getroffenen Annahmen von 38,1 Mio. in 2007 auf rund 37,1 Mio. in 2020 zurückgeht (basierend auf DIW 2008). Allerdings ist bei den IKT-intensiven Wirtschaftsbereichen, insbesondere bei den privaten Unternehmensdienstleistungen, mit einem weiteren Beschäftigungswachstum zu rechnen, was das Bestandswachstum wiederum beschleunigt. Die CRT-Monitore werden bis 2015 vollständig durch LCD-Monitore substituiert. Für die übrigen Bürogeräte – Drucker, Kopierer, Telefone – wird mit einer weitgehenden Sättigung der Ausstattung gerechnet, d.h. der Bestand dürfte bis 2020 etwa konstant bleiben.
- Auch die Nutzungszeiten dürften sich in den Unternehmen – anders als in den Haushalten – in den nächsten Jahren nicht nennenswert ändern, da diese sich weitestgehend an der Arbeitszeit orientieren. Für die Leistungsaufnahme der Geräte im Normalbetrieb wird nur bei Notebooks von einem leichten Anstieg ausgegangen. Ansonsten dürfte sich hier der Trend zu immer leistungsstärkeren Geräten und er-

wartete Effizienzverbesserungen in etwa kompensieren. Bei PCs wird außerdem mit einer moderaten Erhöhung des Anteils von Thin-Clients gerechnet⁴⁰, so dass die Leistungsaufnahme insgesamt für den Zeitraum 2007 – 2020 als konstant angenommen wird. Für die Leistungsaufnahme im Standby – wobei im Unternehmenssektor insbesondere das Netzwerk-Standby relevant ist – ist hingegen auch im Basisszenario mit deutlichen Effizienzverbesserungen zu rechnen.

Aus diesen z.T. gegenläufigen Trends resultiert die in Abbildung 36 dargestellte Entwicklung des Strombedarfs für IKT-Endgeräte in Unternehmen. Das stärkste Verbrauchswachstum ist bei den PCs und insbesondere den Notebooks zu erwarten, während der Strombedarf für die übrigen Bereiche konstant oder rückläufig ausfällt. Durch die erwarteten Effizienzverbesserungen in allen Standby-Modi wird dabei der Anteil des Active Mode am gesamten IKT-bedingten Strombedarf für Endgeräte in den Unternehmen bis 2020 noch um rund 1 TWh zunehmen, während der Strombedarf im Netzwerk-Standby deutlich zurückgeht. Das passive Standby und die Schein-Ausverluste dürften im Jahr 2020 nur noch sehr gering sein (Abbildung 37).

40 Anders als für den Haushaltssektor wurde für die Unternehmen allerdings kein spezielles Thin-Client-Szenario erstellt, da es einerseits sehr unterschiedliche Thin Client-Modelle gibt und andererseits die resultierenden Auswirkungen auf den Bereich Server und Rechenzentren nicht abzuschätzen sind. Wie jedoch das Zusatzszenario im Bereich Haushalte zeigt, kann auch im Unternehmensbereich bei einer noch stärkeren Durchsetzung von Thin-Client-Modellen als im Basisszenario angenommen mit einer potenziellen Stromeinsparung gerechnet werden.

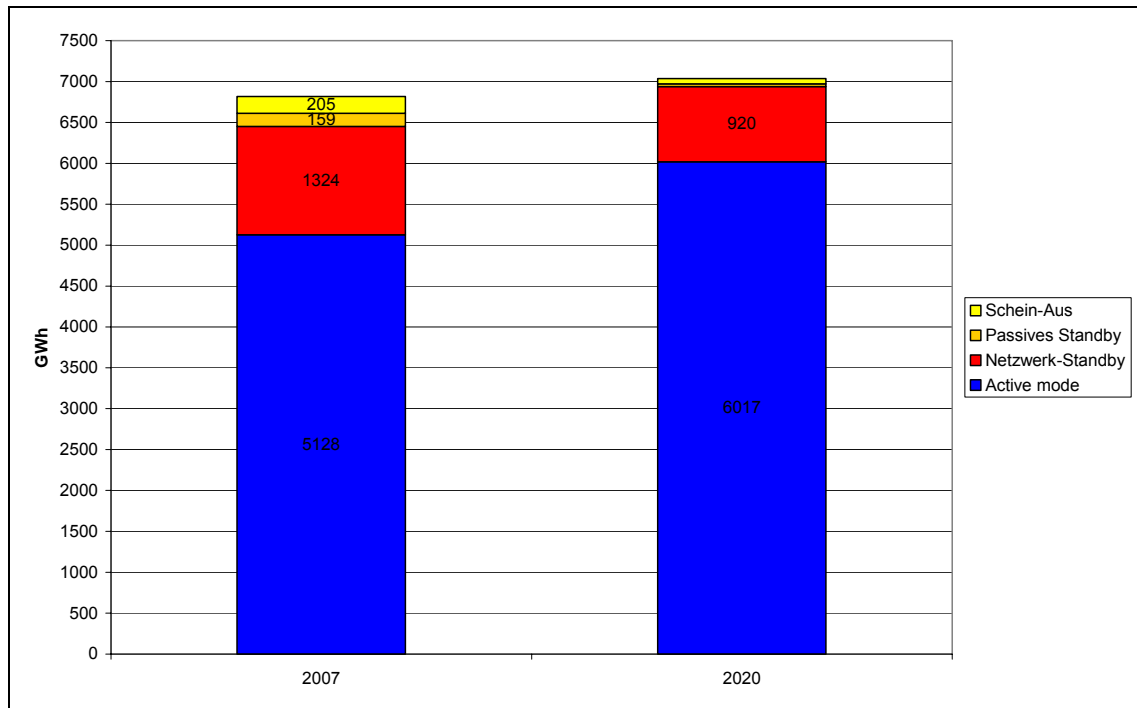


Abbildung 37: Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen im Basisszenario 2007 bis 2020 nach Betriebszuständen

Der hier dargestellte Stromverbrauch für IKT-Anwendungen in Unternehmen enthält neben den privaten auch die öffentlichen Unternehmen⁴¹. Den Anteil des öffentlichen Sektors am gesamten Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen zeigt Abbildung 38. Für die Prognose wurden dabei im Hinblick auf die Entwicklung der Ausstattungsdaten, Nutzungszeiten und Leistungsaufnahmen der Geräte die gleichen Annahmen getroffen wie für die Unternehmen insgesamt. Durch den erwarteten überdurchschnittlichen Rückgang der Zahl der Erwerbstätigen im öffentlichen Sektor (von 2,7 Mio. in 2007 auf 2,3 Mio. in 2020) geht der gesamte IKT-bedingte Strombedarf in diesem Bereich – anders als für die Unternehmen insgesamt – jedoch zurück.

⁴¹ Hier definiert in der Abgrenzung der WZ-2003-Systematik der Wirtschaftszweige als Wirtschaftsbereich L (öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherungen).

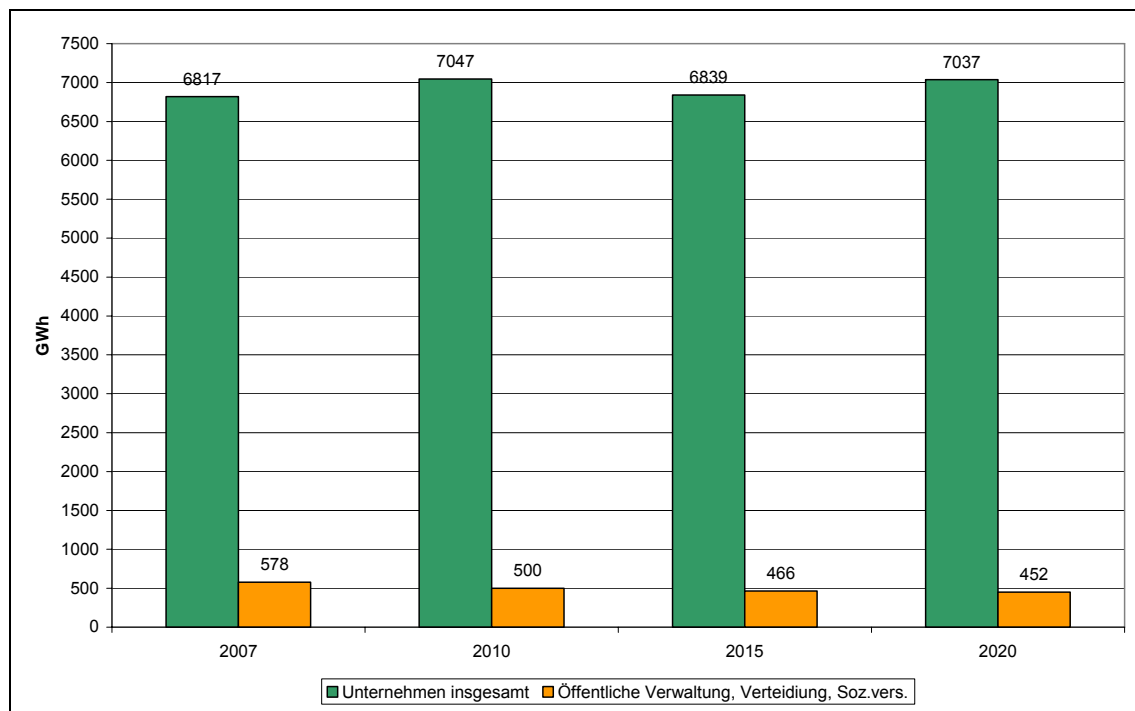


Abbildung 38: Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen insgesamt und in öffentlichen Einrichtungen im Basisszenario 2007 bis 2020

3.2.4 Stromverbrauch Server und Rechenzentren

Der Stromverbrauch von Servern und Rechenzentren steigt trotz angenommener Effizienzsteigerungen in Summe an, was einer Zunahme der Stückzahl sowie einer Marktverschiebung im Serversegment geschuldet ist. Der Stromverbrauch der Rechenzentren steigt von 9,1 TWh/a in 2007 auf 12,3 TWh/a in 2020 (Abbildung 39).

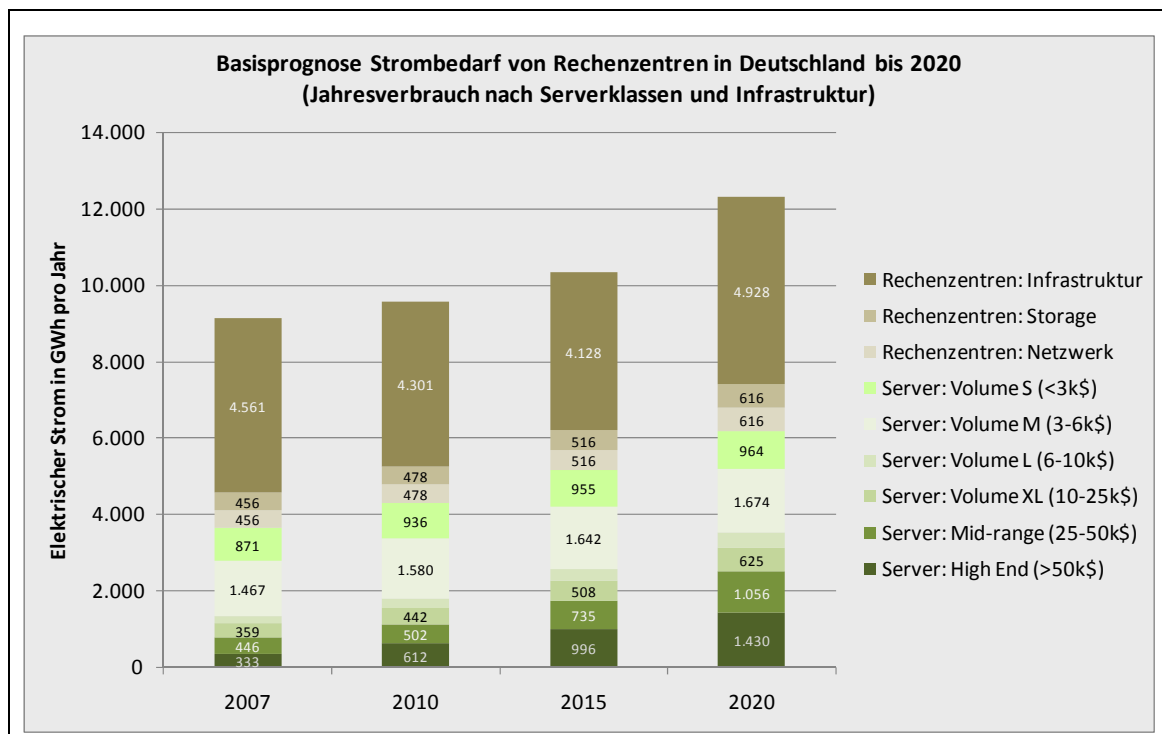


Abbildung 39: Basisprognose zum Strombedarf der Server und Rechenzentren in Deutschland bis 2020

Die Grundlage für die Prognose bildet der Gesamtbestand an Servern in den Unternehmen, der im Jahr 2007 nach den Daten von TechConsult (2008) bei 1,69 Millionen liegt. Die Aufteilung des Gesamtbestands auf die verschiedenen Leistungsklassen, die auf das Klassifikationsschema von IDC zurückgehen, beruht auf den Annahmen aus der im Auftrag der EU laufenden Studie "Efficient Servers". Demnach ist die Anzahl der einzelnen Servereinheiten nicht absolut sondern relativ berechnet.

Für das Basisszenario wurden einerseits die zukünftige Entwicklung des Gesamtbestandes sowie die weitere Entwicklung der Größenklassenverteilung prognostiziert.

Der Prognose des Gesamtbestandes liegt die Annahme zugrunde, dass der Bestand aufgrund der in Kapitel 2 beschriebenen Trends mit durchschnittlich 3% jährlich wächst. Dadurch wird der Bestand an Servern in den Unternehmen von 1,69 Millionen in 2007 auf 2,41 Millionen in 2020 ansteigen (2010: 1,86 Mio.; 2015: 2,12 Mio.).

Aufgrund der Trends zur Virtualisierung/Konsolidierung sowie der besseren Effizienz größerer Server wird bei der Entwicklung der Größenklassenverteilung eine Verschiebung zugunsten der High End-, Mid-Range sowie großer Volume-Server bis 2020 angenommen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Verteilung der Server-Größenklassen von 2007 bis 2020

	2007	2010	2051	2020
High End (>500k\$)	0,24%	0,40%	0,60%	0,80%
Mid-range (25-500k\$)	3,92%	4,00%	5,40%	7,20%
Volume (10-25 k\$)	5,91%	6,60%	7,00%	8,00%
Volume (6-10 k\$)	5,42%	6,50%	8,50%	10,00%
Volume (3-6 k\$)	49,64%	48,50%	46,50%	44,00%
Volume (<3 k\$)	34,87	34,00%	32,00%	30,00%

Bei Servern und der entsprechenden Rechenzentreninfrastruktur wird dabei auch in Zukunft von einer dauerhaften Nutzung über das ganze Jahr ausgegangen (24 h/d, 365 d/a).

Für die Leistungsaufnahme der Server wird bis 2010 keine Reduzierung gegenüber dem Referenzjahr 2007 angenommen. Für 2015 bzw. 2020 wird mit einer 5 bzw. 10%igen Reduzierung der Leistungsaufnahme gegenüber 2007 pauschal über alle Serverklassen gerechnet.

Bei der Leistungsaufnahme von Netzwerk, Storage und Infrastruktur liegt die Annahme zugrunde, dass sich der prozentuale Anteil für Netzwerk und Storage über die Jahre nicht verändert (je 5% des Stromverbrauchs der Server). Für die Infrastruktur (besonders HVAC) wird von einer Effizienzsteigerung ausgegangen, folgende Anteile am Stromverbrauch der Server werden angenommen:

- 2007: 50%
- 2010: 45%
- 2015: 40%
- 2020: 40%

Auf dieser Grundlage steigt der gesamte Stromverbrauch für Server und Rechenzentren von 9,1 TWh/a im Jahr 2007 um 35% auf 12,3 TWh/a (Abbildung 39). Der Anteil des eigentlichen Serververbrauchs steigt dabei von 40% (2007) auf 50% (2020).

Analog zu den IKT-Endgeräten beinhaltet auch der Stromverbrauch für Server und Rechenzentren neben den privaten Unternehmen auch den öffentlichen Sektor. Welcher Anteil des Stromverbrauchs auf die in der öffentlichen Verwaltung betriebenen Server entfällt, wurde in dieser Untersuchung grob abgeschätzt, wobei im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung des Serverbestands, die Struktur der Serverklassen und die Leistungsaufnahmen der Server und der Rechenzentreninfrastruktur die gleichen Annahmen getroffen wurden wie für die Unternehmen insgesamt. Der derzeitige Serverbestand wurde über den Anteil des öffentlichen Sektors an den Erwerbstätigen geschätzt und beträgt rund 119.000 Server im Jahr 2007, der bis 2020 auf rund 149.000

anwachsen wird. Der Stromverbrauch für Server und Rechenzentren im öffentlichen Sektor wird demnach von 644 GWh in 2007 auf etwa 762 GWh in 2020 anwachsen (Abbildung 40).

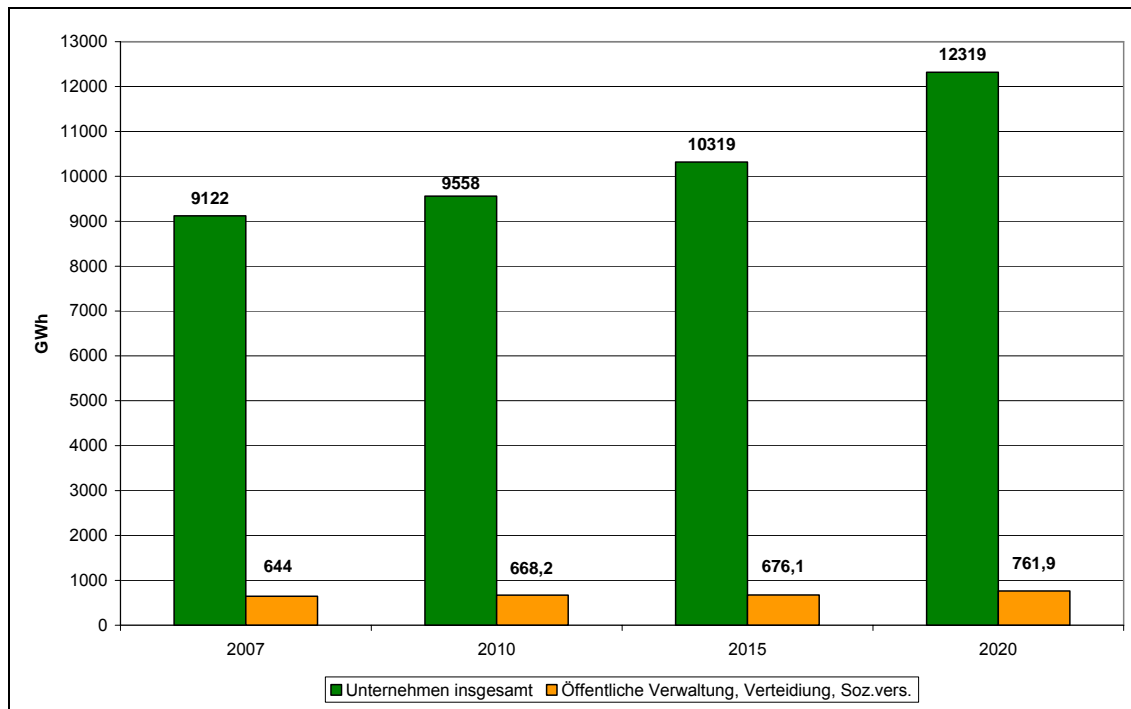


Abbildung 40: Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen insgesamt und in öffentlichen Einrichtungen im Basisszenario 2007 bis 2020

3.2.5 Stromverbrauch für Netzzugang und Kernnetze

3.2.5.1 Mobilfunk

Für die Erfassung des durch die Mobilfunk-Infrastruktur verursachten Stromverbrauchs wurde aufgrund der unzureichenden Datenlage hier ein eigenständiger Ansatz entwickelt, der im Anhang (Abschnitt 7.1.4) ausführlich beschrieben wird. Im Referenzjahr 2007 betrug der so berechnete Stromverbrauch aller Basisstationen und Vermittlungsstellen der GSM- und UMTS-Netze in Deutschland rund 3,1 TWh. Der Prognose liegt die Annahme zugrunde, dass Hotspots sich besonders in städtischen Räumen sehr stark verbreiten werden. Es wird von einem 10%igen Wachstum pro Jahr ausgegangen. Die Mobilfunknetze hingegen sind in Deutschland schon sehr gut ausgebaut. Jedoch werden die UMTS-Basisstationen wahrscheinlich noch zunehmen (Annahme: 5%/a). Dieser Bestandszuwachs wird sich aber nur in einer geringfügigen Zunahme des Stromverbrauchs auf etwa 3,2 TWh im Jahr 2020 niederschlagen, da im Hinblick

auf die Leistungsaufnahme der Basisstationen und Vermittlungsstellen von erheblichen Effizienzsteigerungen auch schon in der Basisprognose ausgegangen wird.

3.2.5.2 Basisszenario Festnetz

Der heute für das Festnetz anfallende Stromverbrauch konnte aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht über Bestands- und spezifische Stromverbrauchswerte ermittelt werden. Für das Jahr 2007 wird ein Stromverbrauch von 3,3 TWh angenommen. Für die Prognose wird aufgrund fehlender Daten von einer Konstanz dieses Verbrauchswertes bis zum Jahr 2020 ausgegangen. Einen Überblick über die Gesamtentwicklung des Stromverbrauchs von Mobilfunk und Festnetz bis 2020 gibt Abbildung 41.

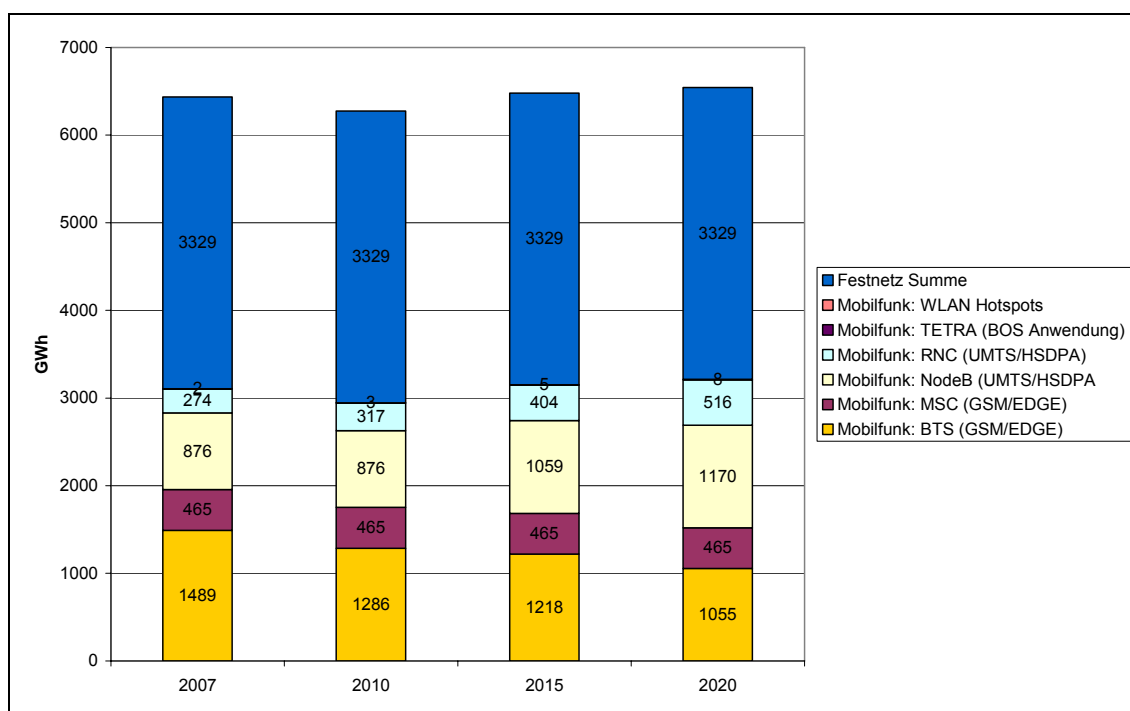


Abbildung 41: Stromverbrauch für Mobilfunk und Festnetz im Basisszenario 2007 bis 2020

3.3 Green IT-Szenario bis 2020

Neben der oben beschriebenen Basisprognose, die im Hinblick auf die Leistungsaufnahme der Geräte und Anlagen von einer unter den gegenwärtigen energiepolitischen Rahmenbedingungen auf nationaler und EU-Ebene sowie unter Berücksichtigung des autonomen energietechnischen Fortschritts wahrscheinlichen Entwicklung ausgeht, wird zusätzlich ein Green IT-Szenario berechnet. Dieses soll zusätzliche Einsparpotenziale aufzeigen, die aus technischer Sicht bestehen, jedoch unter den gegenwärtigen

Rahmenbedingungen nicht zwingend ausgeschöpft werden. Die Differenz zwischen dem zukünftig erwarteten Stromverbrauch im Basis- und Green IT-Szenario stellt auch einen wichtigen quantitativen Anhaltspunkt für die nachfolgenden Empfehlungen (Kapitel 4) dar.

Die Durchschnittswerte für die Leistungsaufnahme im Green IT-Szenario orientieren sich an Best Practice-Beispielen für Endgeräte und Anlagentechnik. Effizienzverbesserungen betreffen dabei für die folgenden drei Bereiche:

- Technische Optimierung
- Neue Nutzungsformen und -muster
- Netzoptimierung (breitbandiger Netzzugang)

Die Schwerpunkte der technischen Optimierung liegen vor allem in folgenden Bereichen:

- **Standby:** Leistungsaufnahme im (Netzwerk-)Standby und Schein-Aus wird deutlich reduziert, die Verbesserungen wirken sich deutlich schneller als im Basisszenario aus.
- **Energieeffiziente Elektronikkomponenten (Displays, Prozessoren):** Die im Kapitel 2 beschriebenen Trends wirken sich auf die Leistungsaufnahme aus. Eine direkte Quantifizierung der einzelnen Maßnahmen oder verbesserten Elektronikkomponenten lässt sich nicht darstellen. Es wird aber versucht die übergeordneten Verbesserungen in die Annahmen des Green IT-Szenarios einfließen zu lassen.
- **Virtualisierung:** Virtualisierung⁴² bietet große Einsparpotentiale bei Servern und Rechenzentren in dem durch optimale Ansteuerung und Verteilung der Rechenleistung die Server besser und effizienter genutzt werden. Durchschnittliche Server laufen mit einer Auslastung von ca. 30%. Mit Virtualisierung kann die Auslastung auf etwa das Doppelte gesteigert werden. Dies führt dazu, dass bei gleicher Rechenleistung ein Teil der physischen Server eingespart werden kann. Neben der Ressourceneinsparung ergibt sich auch eine Energieeinsparung unter anderem durch

⁴² „Virtualisierung ist eine Abstraktion: Logische Systeme werden von der physischen Implementierung abstrahiert. Ressourcen werden dabei nicht dediziert, sondern gemeinsam genutzt, also flexibler bereitgestellt und Kapazitäten besser ausgenutzt. Die intelligente Zuordnung und Verwaltung der Ressourcen ist eine wichtige Funktionalität innerhalb der Virtualisierung. Um dem Begriff Virtualisierung in der IT noch besser fassen zu können, bietet es sich an, zwischen verschiedenen "Klassen" der Virtualisierung und verschiedenen "Layern", auf denen Virtualisierung ansetzen kann, zu unterscheiden. Generell lassen sich drei Klassen der Virtualisierung unterscheiden:

1. Aufteilung einzelner physischer Systeme in mehrere logische Systeme (Partitionierung)
2. Verbindung mehrerer physischer Systeme zu größeren logischen Systemen (Aggregation) oder
3. Abbildung unterschiedlicher Systemarchitekturen aufeinander (Emulation).“

Aus [BITKOM 2006]

die Reduzierung von Netzteilverlusten, Kühlungsbedarf u.ä.. Direkt ist dies im Szenario jedoch nicht abgebildet, da die Stückzahlen zwischen den Szenarien nicht variiert wurden. Um die Potentiale trotzdem abzubilden wurde die Leistungsaufnahme der Server deutlich verbessert.

- **Optimierung von HVAC:** Die Klimatechnik von Rechenzentren macht momentan etwa 50% des Gesamtenergiebedarfs von Rechenzentren aus. Im Zuge wachsender Energiepreise fällt dieser Bereich immer mehr ins Blickfeld von Optimierungsmaßnahmen und es bieten sich enorme Einsparpotentiale, die zwar nicht direkt Verbesserungen der IKT selbst sind, hierbei trotzdem mit quantifiziert wurden.

Im Hinblick auf **neue Nutzungsformen und -muster** wurden die Auswirkungen von energiesparenden Thin Client-Anwendungen in Unternehmen und „hybriden“ Thin Clients in privaten Haushalten auf den Stromverbrauch quantifiziert. Diese gingen dabei indirekt über die Leistungsaufnahmen der PCs und Notebook, die gegenüber dem Basisszenario deutlich reduziert sind, in das Berechnungsmodell ein.

Die Bestände der Geräte und Anlagen wurden im Green IT-Szenario gegenüber dem Basisszenario nicht variiert. Eine detaillierte Darstellung der im Green IT-Szenario zu Grunde gelegten Annahmen gibt das Kapitel 7.2 im Anhang.

Durch die angenommenen geringeren Leistungsaufnahmen des Green IT-Szenarios reduziert sich der IKT-bedingte Stromverbrauch in Deutschland 2020 gegenüber dem Basisszenario um 10,7 TWh/a von 66,6 TWh auf 55,9 TWh. Damit wird im Jahr 2020 das Niveau des Referenzjahres 2007 (55,4 TWh) in etwa wieder erreicht (Abbildung 42).

Einen Überblick über die Entwicklung des Stromverbrauchs im Basisszenario und Green IT-Szenario in den einzelnen Bereichen gibt Abbildung 43. Die privaten Haushalte tragen danach gut 7 TWh zum gesamten Verbrauchsrückgang gegenüber dem Basisszenario bei, die IKT-Endgeräte in Unternehmen 1,2 TWh. Auf den Bereich der Server und Rechenzentren entfallen zusätzliche Stromeinsparungen von 1,8 TWh und auf die Netze weitere knapp 0,7 TWh. Prozentual liegen die Einsparungen im Green IT-Szenario gegenüber dem Basisszenario für die IKT-Endgeräte bei etwa 18%. Bei Servern und Rechenzentren sowie den Netzen fallen sie mit 14 bzw. 10% etwas geringer aus.

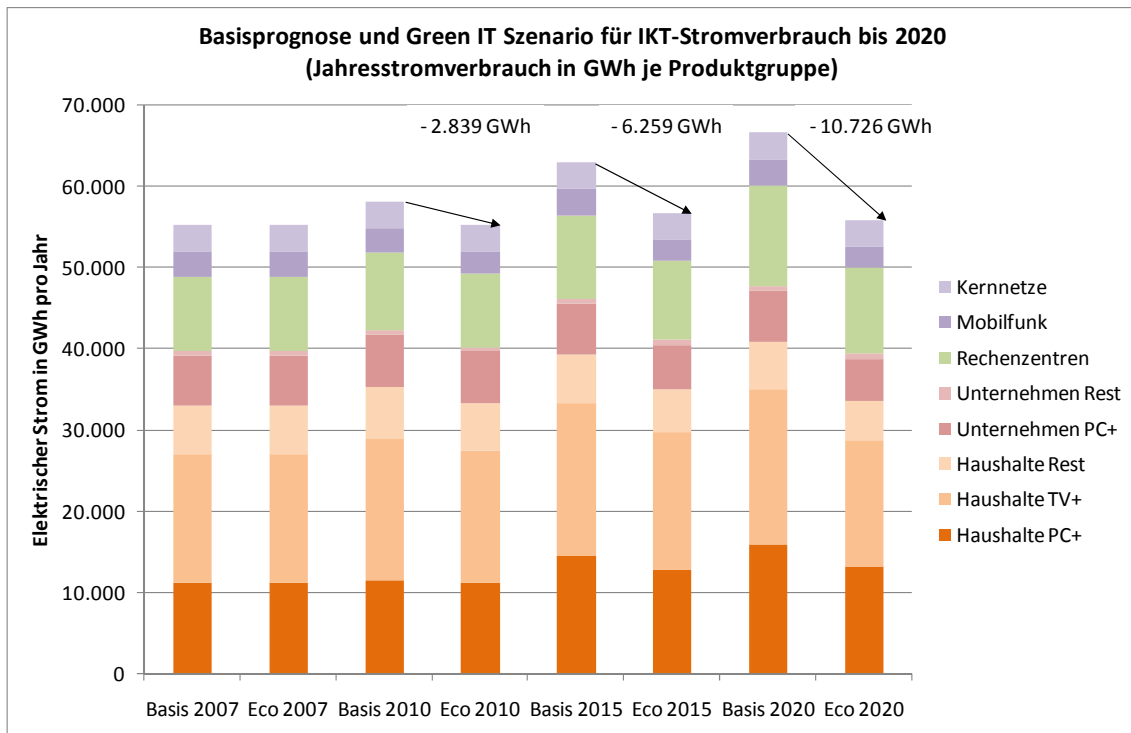


Abbildung 42: Basisprognose und Green IT Szenario im Vergleich

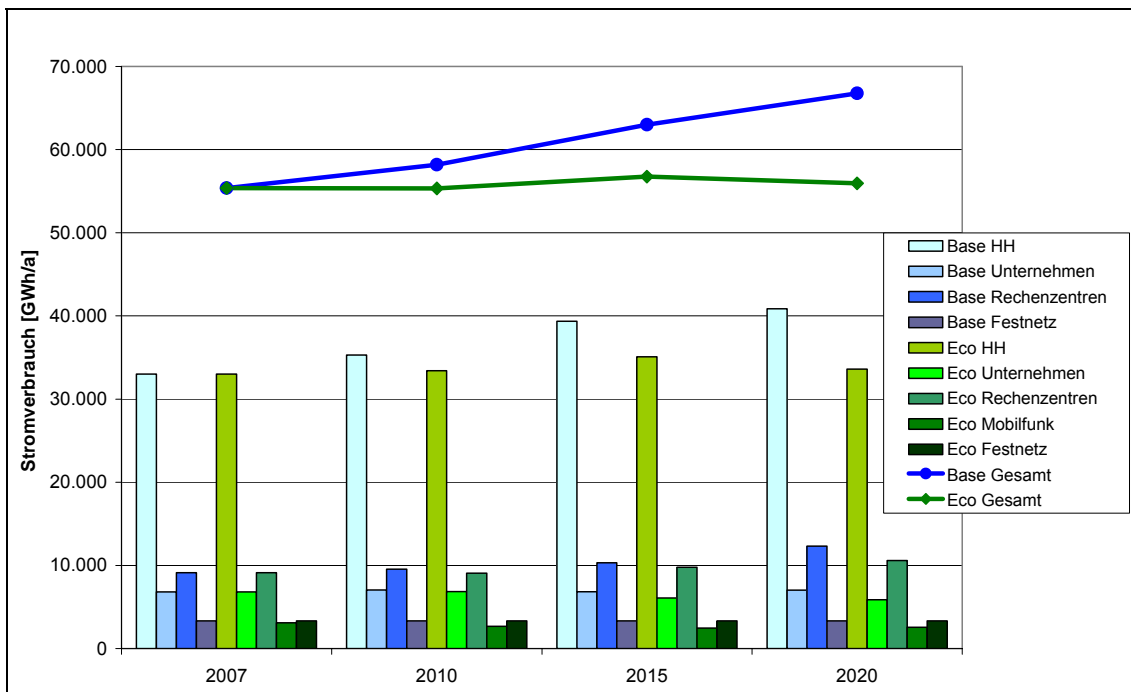


Abbildung 43: Entwicklung des Stromverbrauchs im Basisszenario und im Green IT-Szenario 2007-2020 nach Bereichen

Trotz der bereits im Basisszenario erzielten hohen Einsparungen im Standby lassen sich im Green IT-Szenario für Standby weiterhin überdurchschnittliche zusätzliche Einsparungen erzielen. Dies zeigt Tabelle 11, in der die Ergebnisse beider Szenarien für 2020 nochmals zusammenfassend den Ergebnissen der Bestandsaufnahme für das Jahr 2007 gegenübergestellt werden.

Tabelle 11: Zusammenfassender Überblick über die Ergebnisse der Bestandsaufnahme für 2007 und der Prognose für das Jahr 2020 nach Szenarien, Sektoren und Betriebszuständen

Sektor	Stromverbrauch (GWh)					
	2007 Bestandsaufnahme		2020 Basisprognose		2020 Green IT-Szenario	
	Strom alle Modi	darunter Standby ¹⁾	Strom alle Modi	darunter Standby ¹⁾	Strom alle Modi	darunter Standby ¹⁾
Private Haushalte	33.010	9.462	40.864	6.235	33.599	4.878
Computer ²⁾	11.217	2.552	16.016	1.349	13.299	1.344
Mobile Geräte	479	146	731	221	584	74
Television ²⁾	15.833	3.714	19.047	2.866	15.442	2.051
Audio-Geräte	3.212	1.925	2.114	779	1.724	390
Telefone/Router	2.270	1.125	2.956	1.020	2.550	1.020
Unternehmen³⁾	6.817	1.689	7.037	1.124	5.869	969
<i>darunter: öffentl. Verw.</i>	<i>578</i>	<i>152</i>	<i>452</i>	<i>100</i>	<i>387</i>	<i>92</i>
Computer ²⁾	6.196	1.188	6.386	518	5.244	468
Telefone, Router	622	501	651	605	625	502
Server/Rechenzentren	9.122	0	12.319	0	10.577	0
<i>darunter: öffentl. Verw.</i>	<i>644</i>	<i>0</i>	<i>762</i>	<i>0</i>	<i>654</i>	<i>0</i>
Server	3.649	0	6.159	0	5.817	0
RZ-Infrastruktur	5.473	0	6.159	0	4.760	0
Netzzugang/Kernnetz	6.436	0	6.543	0	5.889	0
Mobilfunk	3.107	0	3.214	0	2.560	0
Festnetz	3.329	0	3.329	0	3.329	0
Summe IKT	55.385	11.151	66.762	7.358	55.933	5.847

1) Netzwerk-Standby, passives Standby, Schein-Aus

2) Inkl. Peripheriegeräte

3) In der Abgrenzung der WZ2003-Systematik der Wirtschaftszweige: WZ D-O; darunter " Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung" (WZ L)

3.4 Zwischenfazit

Die vorliegende Studie kommt zu dem Ergebnis, dass der IKT-bedingte Stromverbrauch in Deutschland von rund 55 TWh im Jahr 2007 auf über 66 TWh im Jahr 2020 ansteigen wird. Im Vergleich zu anderen Studien ist dieser Anstieg um Faktor 1,2 eher

gering. So kommt beispielsweise eine Studie des japanische Wirtschaftsministeriums⁴³ zu dem überraschenden Ergebnis, dass der IKT-Stromverbrauch in Japan bei vergleichbarer Ausgangssituation im Jahr 2006 (47 TWh) bis 2020 (165 TWh) um den Faktor 3,5 anwachsen wird [METI 2008]⁴⁴. Dieses japanische Ergebnis ist in zweierlei Hinsicht interessant. Einerseits teilt die japanische Studie unsere eigene Prognose hinsichtlich des anteilig bedeutsamen Stromverbrauchs von großen TV-Displays, Servern und Netzwerktechnik. Andererseits fällt die japanische Prognose deutlich höher aus. Dieser Unterschied in der Größenordnung wird am Beispiel der Netzwerktechnik (Network Equipment) besonders deutlich. Die japanische Studie prognostiziert für das Jahr 2025 einen Stromverbrauch der Netzwerktechnik von rund 100 TWh/a, was einem Gesamtanteil von etwa 40% entspricht.⁴⁵

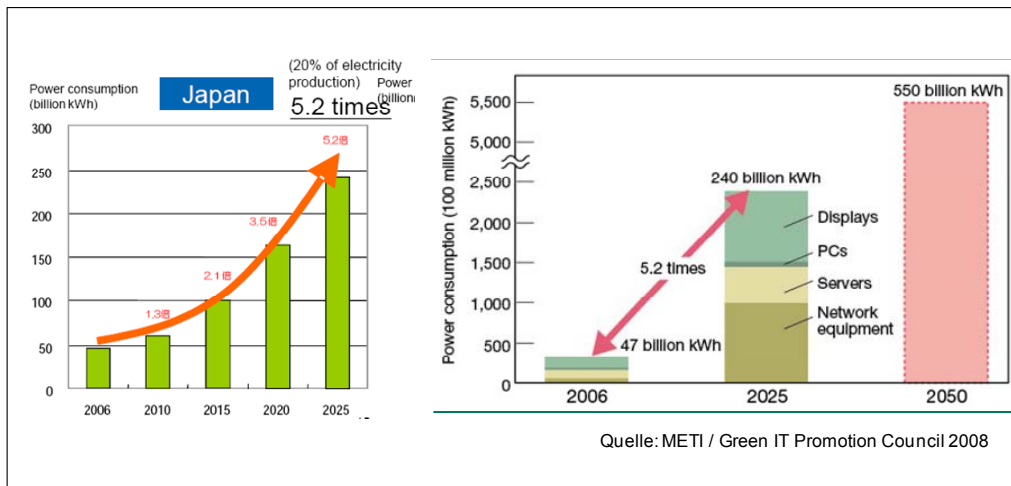


Abbildung 44: METI Prognose des IKT-Stromverbrauchs in Japan [METI 2008]

Die japanische Studie verweist als Ursache auf den deutlich anwachsenden Datenverkehr in den kommenden zwei Jahrzehnten. Dieser ist bedingt durch interaktives Internet, High Definition Video und mobile Dienste. Er hat einen schnellen Ausbau der IT-Infrastruktur zur Folge. In diesem Punkt besteht eine Übereinstimmung beider Studien. Die Betreiber von Rechenzentren und Kommunikationsnetzen in Deutschland bestätigen insbesondere die zunehmende Verlagerung von Rechenleistung in sehr große,

⁴³ Ministry of Economics Trade and Industry (METI)

⁴⁴ Präsentation des japanischen METI zur Green IT Initiative in Japan im Internet: <http://www.meti.go.jp/english/policy/GreenITInitiativeInJapan.pdf>

⁴⁵ Zum Vergleich dieses Wertes kann die Bevölkerungszahl herangezogen werden. Deutschland: 82 Millionen und Japan: 127 Millionen (2006)

hochverfügbare Rechenzentren.⁴⁶ Allerdings besteht hinsichtlich einer Quantifizierung der Auswirkungen des steigenden Datenverkehrs auf den Stromverbrauch von Rechenzentren und Netzen ein großes Defizit. Der in der japanischen Studie prognostizierte Zuwachs ist in dieser Größenordnung nicht nachvollziehbar. Ein interessanter Hinweis kam von einem japanischen Unternehmen auf der CEBIT 2009. Hier wurde auf die Insellage Japans und die hohe Erdbebengefahr verwiesen, welche eine regional begrenzte und hochredundante IT-Infrastruktur erfordert. Deutschland ist diesbezüglich weniger gefährdet und hat gute Möglichkeiten die Datenverarbeitung anteilig ins umliegende Ausland zu verteilen.

Als Fazit ist festzuhalten, dass die Quantifizierung der Stromverbräuche von Kommunikationsnetzen und Rechenzentren derzeit unzureichend ist. Zu intransparent sind die existierenden Strukturen, der Gerätebestand, das Technologieniveau und die realen Datenströme bzw. die Auslastung der Rechenleistung im Betrieb. Die statistische Datenerhebung muss diesbezüglich verbessert werden, um technische und marktbezogene Effekte zeitnah einschätzen zu können. Dieser Hinweis gilt für alle Produktbereiche, die in unserer Studie untersucht wurden.

Die Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in deutschen Haushalten und Büros sind mit heute etwa 35 TWh/a oder 60% des Gesamtverbrauchs bedeutsam.
- Eine intensivere Nutzung von PCs und die höhere Leistungsaufnahme großer TV-Displays sind Ursache für einen zunehmenden Stromverbrauch.
- Der Ausstattungsgrad mit Endgeräten ist durch Marktstatistiken relativ gut erfasst.
- Beste verfügbare Technik wird im Zuge der EuP/EBPG-Richtlinie gekennzeichnet und es kann davon ausgegangen werden, dass diese Maßnahmen eine positive Wirkung auf den Endgerätemarkt haben werden.
- Der Stromverbrauch von Servern, Rechenzentren und Kommunikationsnetzen ist im Gegensatz zu den Endgeräten weniger transparent. Mit einem Anstieg ist aufgrund des zunehmenden Datenverkehrs zu rechnen. Eine genaue Quantifizierung dieses Anstieges ist auf Basis der vorhandenen Datenlage nicht möglich.
- Insbesondere die Verteilung des Stromverbrauchs auf einzelne Netzkomponenten sowie lastbedingte Verbräuche (Datenströme) sind derzeit nicht statistisch erfasst.
- Beste verfügbare Technik bei größeren IKT-Anlagen wird individuell meist als Systemlösung ausgewiesen. Internationale Effizienzstandards sind kaum vorhanden.

⁴⁶ Großrechenzentren sind hinsichtlich der Immobilie, der Ausstattung und des Betriebs einschließlich Personalkosten weitaus wirtschaftlicher als kleinere Einheiten.

- Effizienzstandards für Server und Rechenzentren sind in einem frühen Entwicklungsstadium. Für Netzwerke gibt es noch keine standardisierten Methoden zur Ermittlung von lastbezogener Energieeffizienz.

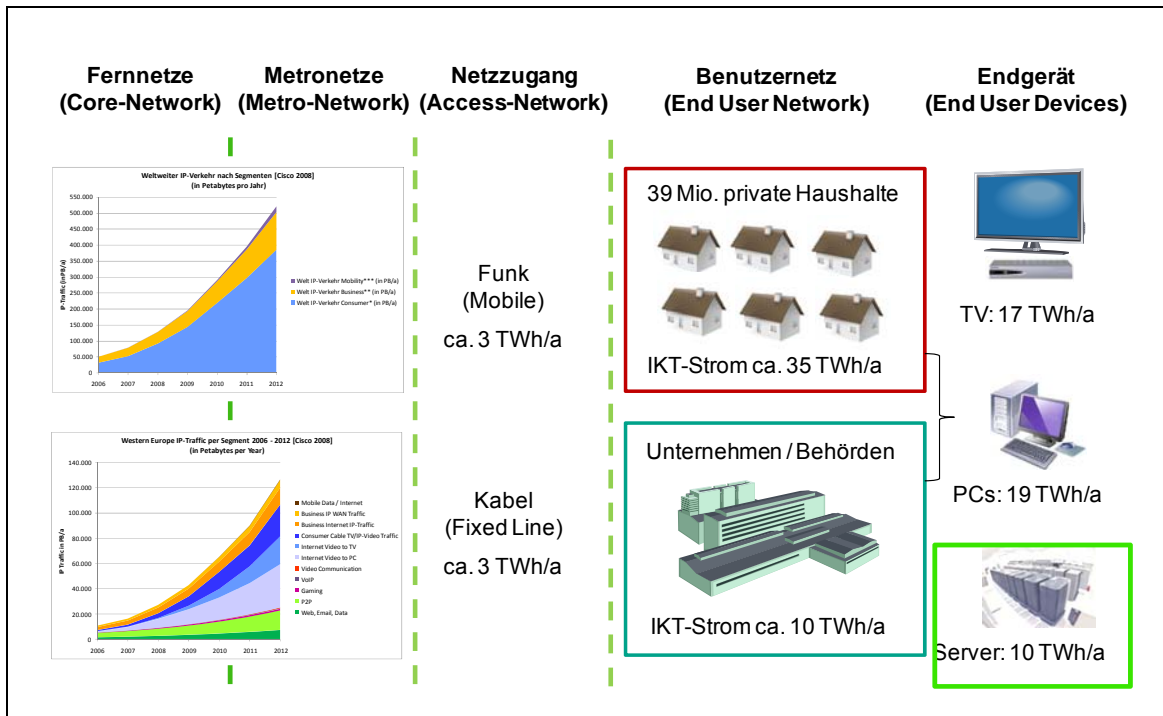


Abbildung 45: Ergebnisse im Überblick

4 Handlungsempfehlungen

4.1 Green IT: Handlungsoptionen und Themenkomplexe

Vor dem Hintergrund der Bestandsaufnahme, Trendanalyse und Prognose werden **Handlungsoptionen für Green IT** wie folgt beurteilt:

- Im Bereich der Endgeräte kann mittels Produktkennzeichnung und Intensivierung der Verbraucherinformation ein positiver Einfluss auf den technischen Ausstattungsgrad und das Nutzungsverhalten ausgeübt werden. Staat und Wirtschaft verfügen über etablierte Instrumente zur positiven Einflussnahme.
- Im Bereich der Endgeräte liegen technologiebasierte Verbesserungsoptionen kaum im deutschen Einflussbereich, da insbesondere Displays und halbleiterbasierte Standardbauelemente wie Prozessoren und Speicherchips nicht durch deutsche oder europäische Unternehmen hergestellt werden.
- Im Bereich der Rechenzentren und Kommunikationsnetze können der Staat und die Wirtschaft durch umweltorientierte Beschaffungsrichtlinien, Effizienzanalysen und Fachinformationen für Betreiber ebenfalls einen positiven Einfluss auf den technischen Ausstattungsgrad⁴⁷ und die Nutzung ausüben.
- Im Gegensatz zu den Endgeräten liegen im Bereich der Rechenzentren und Kommunikationsnetze auch technologiebasierte Verbesserungsoptionen im deutschen Einflussbereich. Die deutsche Industrie ist in den Bereichen Nachrichtentechnik, Telekommunikation, Schaltschränke, Leistungselektronik bzw. Stromversorgung, Energietechnik, Heiz- und Klimatechnik gut aufgestellt und realisiert entsprechende Systemlösungen.
- Green IT ist für den Wirtschaftsstandort Deutschland ein sehr wichtiger Faktor. Um die positiven Effekte sowie die Effizienz von Green IT besser bestimmen zu können, sind u.a. Methoden zur Messung und vergleichenden Bewertung der Ökoeffizienz zu entwickeln. Dies umfasst neben dem Stromverbrauch auch den Ressourcen- bzw. Materialeinsatz.

Es existieren in Deutschland eine Fülle von Green IT-Aktivitäten insbesondere mit Bezug auf Beschaffung und Nutzung von IKT im privaten und öffentlichen Umfeld einschließlich des Bereichs der Rechenzentren (siehe Kapitel 4.5). Damit wird bereits ein wichtiger Teil der Handlungsoptionen abgedeckt. Die Handlungsempfehlungen der vorliegenden Studie sollen bewusst über die bereits initiierten oder geplanten Maßnahmen seitens der nationalen und EU-Energiepolitik hinausgehen.

⁴⁷ Ausstattungsgrad bezieht sich auf Stückzahlen und Alter/technischer Stand von Endgeräten.

Die Handlungsempfehlungen sind in vier übergeordnete **Themenkomplexe** unterteilt. Sie zielen auf eine stufenweise Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz. Dabei sollen in Pilotprojekten neue Systemlösungen entwickelt, umgesetzt und durch eine gezielte Begleitforschung analysiert werden.

Zielstellung:

- Mittelfristige Steigerung der IKT-Energieeffizienz mit technischen Mitteln insbesondere durch die Implementierung neuer Systemkonzepte
- Langfristige Steigerung der IKT-Ressourceneffizienz durch eine ganzheitliche Konzeptionierung von IT-Infrastrukturen und Dienste einschließlich nachhaltiger Fertigungs-, Nutzungs- und End-of-Life-Konzepte

Themenkomplexe:

- Systemlösungen für leistungsfähige und ökoeffiziente Breitbandanschlüsse und Netzinfrastrukturen (Green Networks)
- Systemlösungen für leistungsfähige und ökoeffiziente Server und Rechenzentren (Green Computing)
- Applikation von bester verfügbarer Technik, sowohl Hardware als auch Software (Green Components)
- Bestimmung von Energieeffizienz und Optimierung durch bessere Information (Green Information)

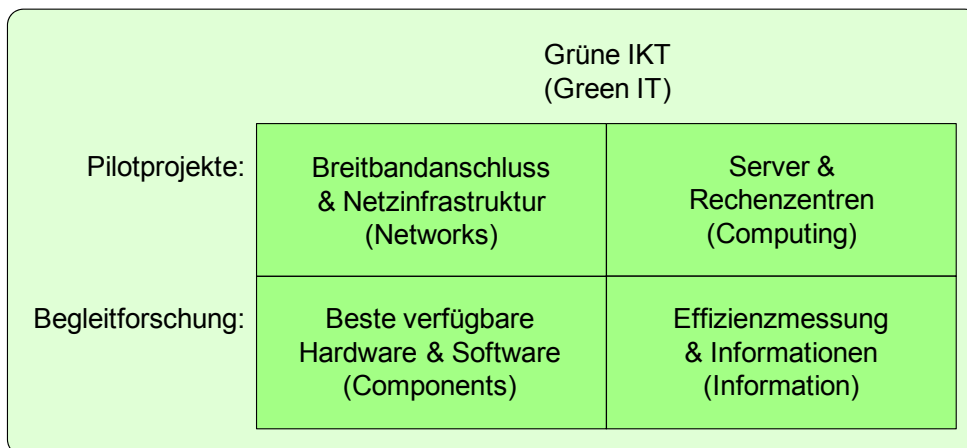


Abbildung 46: Themenkomplexe für Green IT

4.2 Green Networks: Systemlösungen für leistungsfähige und energieeffiziente Zugangs- und Transportnetze

Ein flächendeckender Ausbau von leistungsfähigen und energieeffizienten Zugangs- und Transportnetzen ist eine unumstrittene Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und die weitere Entwicklung der Informationsgesellschaft. Engpässe in der IKT-Netzinfrastruktur behindern eine effiziente Datenübertragung und damit die Umsetzung neuer und potentiell energiesparender Computing-Konzepte wie Thin Clients und Cloud Computing. Es ist zu vermuten, dass Engpässe im Netz auch zu unnötiger Leistungsaufnahme einzelner Netzkomponenten führen.

Der erste Themenkomplex adressiert daher die ökoeffiziente Gestaltung der Zugangs- und Transportnetze zur Unterstützung IP-basierter Sprach-, Video/TV- und Datenkommunikation mit hoher Bandbreite im Hin- und Rückkanal. Die wichtigsten Markttrends sind in diesem Zusammenhang interaktives Internet mit Videoapplikationen aller Art sowie High Definition TV. Die Endkunden werden in den kommenden zehn Jahren diese Triple Play Services in hoher Verfügbarkeit und Geschwindigkeit mit mindestens 100 Mbit/s bis langfristig 10 Gbit/s nachfragen. Neue Konzepte und Systemlösungen sind gefragt, die diese Infrastruktur und Anwendungen wirtschaftlich und umweltverträglich realisieren. Ein skalierbarer Ausbau der Netzinfrastruktur ist dabei eine grundsätzliche Anforderung. Die Energie- und Ressourceneffizienz muss frühzeitig in entsprechende Konzepte und Planungen einbezogen werden, da die Netzinfrastruktur über viele Jahre hinweg bestehen wird. Weiterhin sind vor dem Hintergrund traditionell gewachsener Marktverhältnisse in Deutschland auch neue Geschäfts- und Kostenmodelle zu berücksichtigen.

Pilotprojekte sollten in diesem Zusammenhang folgende Themen adressieren:

- Realisierung von hochenergieeffizienten Konzepten für durchgängig optische, langfristig skalierbare Zugangs- und Transportnetze mit Bandbreiten von 100 Mbit/s bis langfristig 10 Gbit/s (u.a. modernste optische Übertragungstechnologien, Netzarchitektur, Module und Komponenten, inklusive automatischer Steuer- und Kontrollmechanismen)
- Realisierung hybrider Zugangs- und Transportnetze zur energie- und ressourceneffizienten Breitbandanbindung einzelner Ortschaften sowie Fixed Mobile Convergence (u.a. modernste Übertragungstechnologien, Netzarchitektur, Module und Komponenten, inklusive automatischer Steuer- und Kontrollmechanismen)
- Realisierung von Konzepten zur bedarfsgerechten und energieeffizienten Netzanbindung typischer Nutzer in Stadt, Land, KMU, Schulen, Krankenhäusern, Behörden bzw. dynamischer Bandbreitenallokation (u.a. Berücksichtigung individueller Datenströme, Verfügbarkeitsanforderungen, lastabhängiger Zu- und Abschaltung von Netztechnik)

- Realisierung von Energieeinsparungen durch softwarebasierte Netzanpassung in Metro- und Zugangsnetzen (u.a. Power-Management für Netzinfrastrukturkomponenten, Netzwerk-Standby, Proxying⁴⁸)
- Realisierung hochenergieeffizienter Datenübertragung am Beispiel High Definition IPTV bzw. andere Triple Play Services wie Videotelefonie (Vergleich u.a. von Datenkompression versus voller Bandbreitennutzung, Adaptive Data Rate)

Begleitforschung sollte in diesem Zusammenhang folgende Themen adressieren:

- Erstellung regionaler Roadmaps (ggf. einer bundesweiten Roadmap) für den Ausbau einer leistungsfähigen, energie- und ressourceneffizienten IKT-Netzinfrastruktur mit dem Schwerpunkt skalierbarer Metro- und Zugangsnetze.
- Entwicklung von Bewertungsmethoden und ggf. Benchmarks, die es erlauben, die Energieeffizienz bzw. die gesamte Ökoeffizienz (ökologische und ökonomische Verträglichkeit) einer Netztechnologie und Architektur im Kontext bestimmter Dienste, Anwendungen und Lastzustände zu bestimmen.
- Methodische Datenerhebung bzw. integrierte Strommessungen zur Ermittlung realer Verbräuche und deren Ursachen (Transparenz für Betreiber und Nutzer). Verknüpfung mit existierenden e-Energy Aktivitäten.
- Förderung der internationalen Zusammenarbeit von Behörden und Forschungsinstitutionen. Schaffung entsprechender Plattformen insbesondere für die Kooperation mit den USA und Japan (Technologieführer).
- Unterstützung von Experten aus Unternehmen, Forschung und NGOs bei der Gremienarbeit in internationalen Standardisierungsorganen. Technische Standards und insbesondere Testverfahren sind die Grundlage für die Ermittlung von Richtwerten und entsprechenden Nachweisen (Energieeffizienz). Damit sich reale Verbesserungen in der Praxis durchsetzen und auch nachgewiesen werden können, sind standardisierte Methoden und Testverfahren auf hohem Niveau zu entwickeln.

4.3 Green Computing: Systemlösungen für leistungsfähige und ökoeffiziente Server und Rechenzentren

Server und Rechenzentren sind wesentliche Elemente einer effektiven IKT-Infrastruktur. Sie werden kontinuierlich erweitert um den wachsenden Datenverarbeitungs- und Speicherbedarf zu decken. Dabei spielt neben der Konsolidierung der Server- und Speicherleistung insbesondere auch die Datenverfügbarkeit und Sicherheit eine immer größere Rolle. Diese Entwicklung zu mehr Redundanz führt bei vielen Unternehmen zu einer kompletten Erneuerung der IKT-Konzepte. Vor diesem Hintergrund

⁴⁸ Proxying: Verlagerung der Netzwerkfähigkeit in die Vorkette (Upstream)

sind aus Sicht des Stromverbrauchs zwei gegenläufige Entwicklungen zu beobachten, die bislang nicht befriedigend quantifiziert werden konnten. Einerseits wird das technische Stromsparpotential neuester energiesparender Technik (Bladeserver) in Kombination mit Virtualisierungs-Middleware und modernen Klima- bzw. Lüftungskonzepten durch die Betreiber mehr und mehr ausgeschöpft, da man den finanziellen Nutzen energiesparender Serverräume und Rechenzentren erkannt hat. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Redundanz und Sicherheit, um eine höchstmögliche Verfügbarkeit zu gewährleisten. Damit werden teilweise erzielte Einsparungen wieder kompensiert. In der individuellen Praxis ist jedoch das Zusammenspiel all dieser Faktoren weit aus komplexer. Das Investitionsvermögen und spezifische Anwendungserfordernisse verschieben mitunter die Prioritäten. Zudem werden technisch „machbare“ Lösungen, z.B. deutlich höhere Betriebstemperaturen in Serverumgebungen von 27°C bis 35°C, von der Garantiegewährleistung ausgeschlossen. Hier fehlen Zuverlässigkeitstests und moderne Industriestandards. Neue, ganzheitliche Konzepte für bedarfsgerechte ggf. skalierbare Rechenzentren zur Unterstützung energieeffizienter Thin Client Konzepte im kommerziellen, öffentlichen und ggf. privaten Umfeld sollten entwickelt und sowohl deren Ökoeffizienz als auch deren Akzeptanz bewertet werden. Maßnahmen in diesem Themenkomplex sollten die Zielstellung haben, (1) die Auslastung der vorhandenen Rechen- und Speicherleistung von derzeit etwa 30% auf 60% oder mehr zu erhöhen, (2) die Effizienzpotentiale modernster Klima- und Anlagentechnik zu erschließen und (3) den Wirkungsgrad der Stromwandlung im Gesamtsystem zu erhöhen.

Pilotprojekte sollten in diesem Zusammenhang folgende Themen adressieren:

- Realisierung modularer Konzepte mit dem Ziel einer besseren Skalierbarkeit von RZ-Infrastrukturelementen wie Klima- und Lüftungstechnik, USV und Stromversorgung entsprechend des realen Leistungsbedarfs der aktiven Server.
- Realisierung von flexiblen, nachrüstbaren Klima-Monitoring-Konzepten für Servereinheiten auf Basis drahtlos verteilter Sensornetze (WSN) einschließlich Auswertungsmodellen und Simulationstools.
- Realisierung von Technik- und Teststandards als Basis zur Garantiegewährleistung für den Betrieb von Servern unter höheren Temperaturbedingungen von etwa 27°C bis 35°C (ggf. Implementierung von Monitoring-Strukturen und Lebensdauermodellen zur bedarfsgerechten Wartung/Erneuerung).
- Realisierung neuartiger Systementwärmungs-Konzepte ggf. in Kombination mit einem externen Abwärmekonzept.
- Realisierung neuartiger, hochenergieeffizienter Klimatisierungskonzepte bzw. Kühltechnologien einschließlich Aspekten der Systemintegration (Elektronik-, Rack- und Anlagenebene).

- Realisierung ganzheitlicher Konzepte für mittelgroße, lokal erreichbare Rechenzentren als ggf. kostengünstige, energieeffiziente Alternative zu Home-Servern und kleinen Serverräumen in KMUs (Privat- und Geschäftskundenmodelle).

Begleitforschung sollte in diesem Zusammenhang folgende Themen adressieren:

- Untersuchung nachhaltiger Geschäftsmodelle für lokale/regionale Rechenzentren z.B. unter Berücksichtigung von Administrationsbedarf, technischem Personal, bedarfsgerechter Verfügbarkeit sowie der Kombination mit anderen Diensten wie Kopieren, Drucken, Verschicken, Medien archivieren und teilen (Attached Services). Hierbei ist es unerlässlich, Akzeptanzuntersuchungen für solche Dienstleistungen durchzuführen, um wesentliche Faktoren des Erfolgs / Scheiterns zu bestimmen.
- Unterstützung von Administratoren in Unternehmen (Entwicklung von Analyseverfahren zur Bestimmung der bedarfsgerechten Dimensionierung von Server- und Speicherleistung, Virtualisierung nach Maß, Entwicklung von Energieeffizienz- bzw. Öko-Benchmarks, Nachweise der kontinuierlichen Verbesserung).
- Entwicklung von Bewertungsmethoden und ggf. Benchmarks, die es erlauben, die Energieeffizienz bzw. die gesamte Ökoeffizienz (ökologische und ökonomische Verträglichkeit) einer Serverinfrastruktur/Rechenzentrum im Kontext bestimmter Dienste, Anwendungen und Lastzustände zu bestimmen (Kollaboration mit internationalen Initiativen wie z.B. Green Grid und Standardisierungsorganen ISO/IEC/TIA).

4.4 Green Components: Applikation von bester verfügbarer Hardware und Software für Systemoptimierung

Der Stromverbrauch von IKT ist ein wachsendes Thema legislativer und unternehmerischer Aktivitäten. Dabei stehen zumeist einzelne Produkte bzw. Produktgruppen im Vordergrund. Die direkte Einflussnahme auf eine umweltfreundliche Produktgestaltung z.B. von IKT-Endgeräten ist in Europa gering, da viele Schlüsseltechnologien wie Displays, Standardbauelemente wie Mikroprozessoren und Speicherchips aus Ostasien und Nordamerika stammen. Die vorliegende Studie hat aber auch angedeutet, dass neben der Verbesserung einzelner Produkte insbesondere die Systemoptimierung ein wichtiger Schlüssel zur Energieeinsparung ist. In diesem Zusammenhang wurde in den beiden vorangegangenen Handlungsempfehlungen Themen für Konzeptlösungen vorgestellt. Ein Kernaspekt bleibt aber die individuelle Energieeffizienz einer einzelnen Komponente und die entsprechende Systemintegrationslösung. Zielstellung dieser Handlungsempfehlungen ist der Erhalt und Ausbau technischer Kompetenz in Schlüsselbereichen der Leistungselektronik, Mikroelektronik und Photonik bzw. entsprechender Systemintegrationsfähigkeiten. Diese bilden die Voraussetzung zur Generierung von technischen Einsparpotentialen im System (Netze, Rechenzentren, etc.).

Pilotprojekte sollten in diesem Zusammenhang folgende Themen adressieren:

- Realisierung neuer, dezentraler Stromversorgungskonzepte u.a. zur Reduktion der Stromwandlungsverluste im System für größere IKT-Anlagen wie Router- und Servercluster.
- Beispielhafte Realisierung sicherer und ressourceneffizienter Systemlösungen für die Gleichstromversorgung von IKT-Endgeräten in kleinen und mittleren Büroeinheiten (Technische Standards für DC, hohe Wirkungsgrade und Zuverlässigkeit bei Stromrichtern, Anwendungen von miniaturisierter Leistungselektronik).
- Realisierung autarker Stromversorgungskonzepte (Energy-Harvesting) z.B. für elektronische Werbeflächen in Kombination mit neuen Displaytechnologien (bistabile Displays) oder verteilter Sensorik zur Temperaturmessung.
- Realisierung von Software(tools) und angepassten Hardwarekomponenten für eine softwarebasierte Zugangnetz-Überwachung und Möglichkeiten zur Leistungs- bzw. Geschwindigkeitsanpassung mit dem Ziel der Stromeinsparung (u.a. hocheffiziente Sende- und Empfangsverstärker, selbstlernende Systeme für sukzessiv steigende Energieeffizienz und Konzepte für nachrüstbare Module).

Begleitforschung sollte in diesem Zusammenhang folgende Themen adressieren:

- Forschungsförderung zu Software-Themen wie prozessorientierte Parallelprogrammierung zur Effizienzsteigerung von Mehrkernprozessoren, Virtualisierung, energieeffiziente Anwendungssoftware (Design-Rules, Benchmarks).
- Unterstützung der Entwicklung und Harmonisierung von Protokollen für niedrigen Netzwerk-Standby, Datenkomprimierungsstandards und anderen IT-Standards, die maßgeblich zukünftige Energieverbräuche der Schnittstellen bzw. Prozessoren bestimmen.
- Fortlaufende Identifizierung von neuen Technologien und Abschätzung von ökonomischen und ökologischen Potentialen (Förderung der internationalen Zusammenarbeit und schnellere Integration in deutsche FuE-Strategien).

4.5 Green Information: Energieeffizienzmessung, Benchmarks und Informationsbereitstellung

Die bisherigen energiepolitischen Maßnahmen auf nationaler und EU-Ebene zur Erhöhung der Energieeffizienz im Bereich IKT beschränken sich weitgehend auf IKT-Endgeräte in privaten Haushalten und Unternehmen und hier insbesondere auf eine technische Verbesserung des zukünftigen Gerätebestands. Zu diesen Maßnahmen, die speziell im IKT-Bereich zu einem großen Teil von der EU ausgehen, gehören:

- Die in der Vergangenheit dominierenden freiwilligen Gerätekennzeichnungen (wie Energy Star, GEEA-Label, Blauer Engel, EU-Umweltkennzeichen, Energy+) sowie

freiwillige Vereinbarungen zwischen der EU-Kommission und Industrieverbänden (über Standby-Verluste von Audio-Geräten, die Energieeffizienz externer Netzteile, die Energieeffizienz digitaler TV-Systeme und Geräten der Unterhaltungselektronik).

- Die seitens der EU in den nächsten Jahren für die Erhöhung der Energieeffizienz im IKT-Bereich relevante EU-Ökodesign-Richtlinie (Richtlinie 2005/32/EG), die die EU-weite Einführung verbindlicher Mindesteffizienzstandards für energiebetriebene Produkte ermöglicht, sowie die geplante Revision der EU-Energielabelling-Richtlinie (Richtlinie 1992/75/EG), die dann auch die Einführung von verbindlichen Produktkennzeichnungen für IKT-Geräte (wie Fernseher oder Computer) ermöglichen würde.
- Auf nationaler Ebene enthalten sowohl die im August 2007 in den Meseberger Beschlüssen vereinbarten Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP) als auch der erste nationale Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland gemäß der EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (Richtlinie 2006/32/EG), der im Herbst 2007 vorgelegt wurde, geplante Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz von IKT-Geräten. Diese beziehen sich jedoch weitgehend auf eine zügige, anspruchsvolle und dynamisierte Umsetzung der beiden oben genannten EU-Richtlinien zum Öko-Design und zum Energie-Labeling im Sinne eines "EU-Top-Runner-Programms".

Veränderungen des Nutzerverhaltens werden teilweise in Informations- und Beratungsprogrammen zur Erhöhung der Energieeffizienz von elektrischen Geräten angesprochen, die von unterschiedlichen Institutionen wie Ministerien, Industrieverbänden, Energieagenturen, Verbraucherzentralen oder Stadtwerken durchgeführt werden. Ausgewählte Aktivitäten sind:

- UBA 2009: Computer, Internet und Co. – Geld sparen und Klima schützen, Verbrauchertipps für umweltgerechte Beschaffung und Nutzung von IT
- UBA/BITKOM/Beschaffungsamt 2008: Empfehlungen für die umweltfreundliche Beschaffung von Desktop-PCs
- BMU/Borderstep 2008: Energieeffiziente Rechenzentren, Broschüre zu Best-Practice-Beispiele aus Europa, USA und Asien
- BMU/BITKOM 2008: Energieeffizienz im Rechenzentrum, ein Leitfaden zur Planung, Modernisierung und zum Betrieb von Rechenzentren
- DENA 2007: "Initiative EnergieEffizienz", Leitfäden zur Beschaffung und Nutzung energieeffizienter Bürogeräte
- BITKOM 2006: Virtualisierung – eine Überblicksdarstellung und Glossar erstellt vom BITKOM-Arbeitskreis Server- und Betriebskonzepte

Um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern, muss die technische Basis der IKT als auch die Nutzung der IKT ganzheitlich, d.h. im Kontext von Energie- und Ressourcen-

effizienz, verbessert werden. Der Mensch muss im Mittelpunkt einer Systemlösung stehen. Pilotprojekte für energieeffiziente Netzanbindung und Geräteausstattung sollten in diesem Zusammenhang nicht nur eine typische Nutzungsvariante sondern unterschiedliche Nutzungsmuster und Anwendungstypen berücksichtigen. Diese Mehrfachbeispiele bieten die Möglichkeit einer besseren Verallgemeinerung der Ergebnisse bzw. Erkenntnisse aus den Projekten und damit einer effektiveren Umsetzung in die Praxis.

Energieeffizienzmethodik

Die vorliegende Studie hat schon mehrfach auf den Bedarf neuer statistischer Daten und Methoden zur Messung der realen Energieeffizienz unsere Kommunikationsnetze und Rechenzentren aber auch der lokalen IKT-Netze und Endgeräte in Behörden, Büros und privaten Haushalten hingewiesen. Eine effektive Steuerung und Nutzungsoptimierung bedarf einer höheren Transparenz der Datenströme und Stromverbräuche ohne die Datensicherheit zu gefährden. Diese Aufgabe kann die Forschung und Industrie nur schwerlich alleine leisten. Eine klare Plattform für diese Aktivitäten sollte geschaffen werden.

Pilotprojekte zur Methodenentwicklung im Bereich IKT-Energieeffizienz sollten folgende Themen adressieren:

- Realisierung einer Methodenentwicklung zur Definition, Bestimmung und ggf. Bewertung von Energieeffizienz im Kontext von digitalem Datenverkehr und entsprechender Technik (u.a. Berücksichtigung von Technologien, Protokollen und anderen Leistungsfaktoren).
- Realisierung einer Methodenentwicklung zur Definition, Bestimmung und ggf. Bewertung von Energieeffizienz für Rechenzentren, Ausarbeitung von Benchmarks im Kontext von Beschaffung und individuellem Kauf (Vergleichbarkeit von Angeboten).
- Realisierung einer Methodenentwicklung für neue Bundesstatistiken hinsichtlich der Ausstattung und Nutzung von IKT in allen Bereichen (Diese Daten sollten auch größere Veränderungen im Strombedarf zeitnah erfassen und ggf. strategische Anpassungen ermöglichen).

Informationsbereitstellung

Betreiber und Nutzer von IKT brauchen vielfältige Informationen sowohl hinsichtlich einer gezielten Beschaffung von Geräten und Anlagen als auch einer energieeffizienten Nutzung dieser Geräte entsprechend individueller Bedingungen. Das Bewusstsein des Nutzers/Betreibers, sein Vermögen mit Technik umzugehen und seine individuellen Entscheidungen bestimmen maßgeblich den Stromverbrauch in der Nutzung. Er muss sich über die Effekte bzw. den Stromverbrauch seiner individuellen Nutzung be-

wusst werden und Alternativen erhalten. Die Technikausstattung und Netzanbindung sowie Provider- und Internetdienste können auf die Bedürfnisse der Nutzer abgestimmt werden. Hierfür nötige Daten bzw. Informationen können beispielsweise integrierte Strommessungen (Smart Metering) – auch eine Maßnahme im nationalen Energie- und Klimaprogramm – liefern. Hinsichtlich der Nutzerinformation ist auch der Befähigungsgrad der Nutzer (Digital Divide) und dessen Einfluss auf individuelle Handlungsoptionen zu bedenken.

Pilotprojekte im Zusammenhang mit Nutzungsoptimierung und Informationen sollten folgende Themen adressieren:

- Ermittlung von Herausforderungen für den privaten Nutzer hinsichtlich der Digitalisierung aller Lebensbereiche sowie des damit verbundenen Umgangs mit bzw. der Administration von moderner IKT. In diesem Zusammenhang sollte die Transparenz von Stromverbräuchen bzw. Energieeffizienz thematisiert werden.
- Beispielhafte Entwicklung energieeffizienter Konzepte für unterschiedliche Triple Play Plattformen. Schwerpunkte bilden alle Formen des digitalen Fernsehens (DVB), IPTV und VoD, sowie IP-basierte Sprach- und Videokommunikation. Abstimmung der Hardware und Netzanbindung entsprechend spezifischer Nutzerprofile. Vermeidung eines Generation Gap bzw. Digital Divide bei Technik und Mensch.

5 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Begriff
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line/ asymmetrischer, digitaler Teilnehmer-Anschluss
ADSL2	Asymmetric Digital Subscriber Line 2
ADSL2+	Extended bandwidth Asymmetric Digital Subscriber Line 2
AG	Aktiengesellschaft
ARD	Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland
AVC	Advanced Video Coding
AVT	Aufbau- und Verbindungstechnik (elektronisch)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
bzw.	beziehungsweise
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CCFL	Cold cathode fluorescent lamps
CD	Compact Disc
CE	Communauté Européenne/ Europäische Gemeinschaft
CoA	Care-of-Address
CPU	Central Processing Unit
CRT	Cathode Ray Tube/ Kathodenstrahlröhre
CTS	Cisco TelePresence System
d.h.	das heißt
DE-CIX	German Commercial Internet Exchange
DENA	Deutschen Energieagentur
DG TREN	Europäische Kommission - Generaldirektion Energie und Verkehr
DSL	Digital Subscriber Line/ Digitaler Teilnehmeranschluss
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting Cable
DVB-S	Digital Video Broadcasting Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting Terrestrial
DVD	Digital Versatile Disc
EBPG	Energiebetriebene-Produkte-Gesetz
etc.	et cetera/ und die übrigen
EuP	Energy-using Products
FTTH	Fiber to the home / Lichtwellenleiter bis ins Haus
FTTX	Fiber to the "x"
Gbit/s	Gigabit pro Sekunde
Gbps	Gigabit pro Sekunde
GfK	Gesellschaft für Konsumforschung
GHz	Gigahertz
GW	Gigawatt
GWP	Global Warming Potential
HA	Home Agent
HD	High Definition
HDD	Hard Disk Drive
HDTV	High Definition Television/ Hochauflösendes Fernsehen
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning/ Heizung, Lüftung, Klimatechnik
Hz	Hertz
IANA	Internet Assigned Numbers Authority

Abkürzung	Begriff
IDC	International Data Corporation
IEC	International Electrotechnical Commission / Internationale Elektrotechnische Kommission
IFA	Internationale Funkausstellung Berlin
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
inkl.	inklusive
insb.	insbesondere
IP	Internet Protocol
IPsec	Internet Protocol Security
IPTV	Internet Protocol Television/ Fernsehen
IPv4	Internet Protocol Version 4
IPv6	Internet Protocol Version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organisation for Standardization
IT	Informationstechnik
ITU	International Telecommunication Union
IZM	Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
JVT	Joint Video Team
k	Kilo / tausend
kBit/s	Kilobit pro Sekunde
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
LCA	Life Cycle Assessment / Lebenszyklusanalyse
LCD	Liquid Crystal Display/ Flüssigkristallbildschirm
LED	Light Emitting Diode/ Leuchtdiode
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
MEEuP	Methodology Study Eco-design of Energy-using Products
MHz	Megahertz
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MPEG	Moving Picture Experts Group/ Expertengruppe für bewegte Bilder
MTV	Music Television
MW	Megawatt
OIDA	Optoelectronic Industry Development Association
OLED	Organic Light Emitting Diode/ organische Leuchtdiode
p	progressiv
P2P	Peer-to-Peer/ Rechner-Rechner-Verbindung
PAL	Phase-Alternation-Line
PB	Petabyte
PB/a	Petabytes pro Jahr
PC	Personal Computer
PDP	Plasma Display Panel/ Plasmabildschirm
PON	Passiv Optical Networks / Passive Optische Netzwerke
RoHS	Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment
RTL	Radio Télévision Luxembourg
RZ	Rechenzentrum
SD	Standard Definition
STB	Set-Top-Box

Abkürzung	Begriff
Tbps	Terabit pro Sekunde
Tbps/a	Terabit pro Sekunde pro Jahr
TCO	Total Cost of Ownership
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transport Control Protocol / Internet Protocol
TV	Television / Fernseher
TWF	Technisch-Wissenschaftliches Forum
TWh	Terawattstunde
TWh/a	Terawattstunde pro Jahr
u.a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System / Universales mobiles Kommunikationssystem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
VGA	Video Graphics Array
VHK	Van Holsteijn en Kemna
VHS	Video Home System
VoD	Video on Demand / Video nach Bedarf
VoIP	Voice over Internet Protocol / Internettelefonie
W	Watt
WAN	Wide Area Network
WE	Westeuropa
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
z.B.	zum Beispiel
ZB	Zettabyte
ZDF	Zweites Deutsches Fernsehen

6 Literatur

- [ACTA 2007] Institut für Demoskopie Allensbach: *Allensbacher Computer- und Kommunikations-Analyse*, 2007, Abfrage bei: <http://de.statista.org>
- [AGEB 2008] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2007. Stand September 2008. Berlin, Köln, online: <http://ag-energiebilanzen.de>
- [Arnfolk 2002] Peter Arnfolk: *Virtual Mobility and Pollution Prevention: The Emerging Role of ICT Based Communication in Organizations and its Impact on Travel*. The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University, 2002, online: [http://www.iiee.lu.se/Publication.nsf/\\$webAll/7451EFF2A3CDEDE2C1256BE60040D980/\\$FILE/arnfolk.pdf](http://www.iiee.lu.se/Publication.nsf/$webAll/7451EFF2A3CDEDE2C1256BE60040D980/$FILE/arnfolk.pdf)
- [BioIS 2008] Adrien Beton, Cécile Des Abbayes, Sanaée Iyama (BioIS), Lutz Stobbe (Fraunhofer IZM), Sebastian Gallehr, Lutz Günter Scheidt (E5): *Impacts of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency*. Final Report for European Commission DG INFSO, September 2008, online: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/sustainable-growth/ict4ee-final-report_en.pdf
- [BITKOM 2006] Frank Beckereit, Ralph Hintemann, Thomas Harrer, Knut Müller, Bernhard Moritz, Ingolf Wittmann, Robert Zwickenpflug: *Virtualisierung – Überblick und Glossar*, Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM), 2006, online: http://www.bitkom.org/de/publikationen/38337_40545.aspx
- [BITKOM 2008] Christiane Faßnacht, Michael Schidlack, Hannes Wiese: *Die Zukunft der digitalen Consumer Electronics – 2008*, Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM), 2008, online: <http://www.bitkom.org/de/publikationen/38338.aspx>
- [BITKOM 2008b] Ralph Hintemann, Stefanie Pfahl, Christine Faßnacht: *Energieeffizienz im Rechenzentrum – Ein Leitfaden zur Planung, zur Modernisierung und zum Betrieb von Rechenzentren*, Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2008, online: http://www.bitkom.org/de/publikationen/56282_53432.aspx
- [Cisco 2008] Cisco: *Approaching the Zettabyte Era*, White Paper, 2008, online: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481374_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html
- [Cisco 2008b] Cisco: *Cisco Visual Networking Index – Forecast and Methodology, 2007–2012*, White Paper, 2008, online: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html

- [DeStatis 2006] Bevölkerung Deutschlands bis 2050, 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2006
- [DeStatis 2007] Oliver Bauer, Beate Tenz: *Entwicklung der Informationsgesellschaft – IKT in Deutschland*, Ausgabe 2007, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, September 2007, online: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Informationsgesellschaft,templateId=renderPrint.psml_nnn=true
- [DeStatis 2008] Statistisches Jahrbuch 2008 für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden, September 2008
- [DIW 2008] Prognose der Erwerbstätigkeit in Deutschland im Rahmen des Forschungsvorhabens "Politikszenerarien V" (FKZ 306 16 025) im Auftrag des Umweltbundesamtes. Erscheint voraussichtlich Anfang 2009
- [EICTA 2008] EICTA, Intellect: *High Tech: Low Carbon – The role of the ICT industry in tackling the challenge of climate change*, April 2008
- [E-Server 2007] Bernd Schäppi, Frank Bellosa, Bernhard Przywara, Thomas Bogner, Silvio Weeren, Alain Anglade: *Energy efficient servers in Europe – Energy consumption, saving potentials, market barriers and measures*, The Efficient Servers Consortium, Intelligent Energy Europe, Oktober 2007, online: <http://www.efficient-server.eu/index.php?id=48>
- [EuP Lot 3] Anna Karin Jönbrink: *EuP Preparatory Studies Lot 3 Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors, Final Report (Task 1-8)*, August 2007, online: <http://www.ecocomputer.org/>
- [EuP Lot 4] Lutz Stobbe: *EuP Preparatory Studies "Imaging Equipment" (Lot 4) Final Report*, November 2007, online: <http://www.ecoimaging.org/>
- [EuP Lot 5] Lutz Stobbe: *EuP Preparatory Studies "Televisions" (Lot 5), Final Report*, August 2007, online, <http://www.ecotelevision.org/>
- [EuP Lot 6] Nils F. Nissen.: *EuP Preparatory Studies "Standby and offmode losses" (Lot 6), Final Report*, Oktober 2007, online, <http://www.ecostandby.org/>
- [EuP Lot 7] Monier, Véronique; Mudgal, Shailendra; Turunen, Lea; Schischke, Karsten; Ciaglia, Christian; Nissen, Nils F.; Lescuyer, Linda; Janin, Marc: *EuP Preparatory Studies Lot 7 Battery chargers and external power supplies, Final Report*, Januar 2007, online: <http://www.ecocharger.org/>
- [Eurostat 2007] Eurostat: *Statistik der Informationsgesellschaft*. Datenbank. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,45323734&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=welcomeref&open=/t_isoc/t_isoc_ci&language=de&product=REF_TB_information_society&root=REF_TB_information_society&scrollto=0
- [Eurostat 2008] Eurostat: *Energy – Yearly statistics 2006*, 2008 edition, Luxemburg 2008, online: <http://www.eds-destatis.de/downloads/publ/KS-PC-08-001-EN-N.pdf>

- [Finnie 2006] Graham Finnie: *FTTH in Europe: Forecast & Prognosis, 2006-2011*, Heavy Reading, 2006 online:
http://www.ftthcouncil.eu/documents/studies/Heavy_Reading_FTTH_Europe_2006_final.pdf
- [Focus 2007] Focus: *Der Markt der Consumer Electronics, Daten, Fakten, Trends*, Offenbach 2007, online: <http://www.medialine.de>
- [Fraunhofer ISI/Cepe 2003] Cremer, C.; Eichhammer, W.; Friedewald, M.; Georgieff, P.; Rieth-Hoerst, S.; Schlomann, B.; Zoche, P.: *Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz*. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Fraunhofer ISI, Cepe. Karlsruhe, Zürich 2003, online: <http://www.isi.fraunhofer.de>
- Fraunhofer ISI/FfE/TU Dresden 2005) Schlomann, B.; Cremer, C.; Friedewald, M.; Georgieff, P.; Gruber, E.; Corradini, R.; Kraus, D.; Arndt, U.; Mauch, W.; Schaefer, H.; Schulte, M.; Schröder, R.: *Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte*, Fraunhofer ISI, Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE), Technische Universität Dresden. Karlsruhe, München, Dresden, 2005, online: <http://www.isi.fraunhofer.de>
- [Fraunhofer ISI/IfE-TUM/GfK 2008] Schlomann, B.; Gruber, B.; Geiger, B.; Kleeberger, H.; Herzog, T.; Konopka, D.-M.: *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006*, Untersuchung des Fraunhofer ISI in Kooperation mit dem IfE-TU München und GfK Marketing Services, November 2008
- [Fuhr 2007] Fuhr, Joseph P.; Pociask, Stephen B.: *Broadband Services, Economic and Environmental Benefits*, Report for the American Consumer Institute, Oktober 2007, online:
http://www.internetinnovation.org/Portals/0/Documents/Final_Green_Benefits.pdf
- [GSDZ 2007] Gemeinsame Stelle Digitaler Zugang (GSDZ) der Direktorenkonferenz der Landesmedienanstalten (ed.), *Digitalisierungsbericht 2007: Weichenstellungen für die digitale Welt – Der Markt bringt sich in Position*, Vistas, Berlin, 2007, online:
http://www.alm.de/fileadmin/forschungsprojekte/GSDZ/Digitalisierungsbericht_2007.pdf
- [ISTAG 2006] ISTAG: *Shaping Europe's Future through ICT*, Report from the Information Society Technologies Advisory Group (ISTAG) for DG INFSO, März 2006, online:
http://ec.europa.eu/information_society/tl/research/key_docs/documents/istag.pdf
- [ITU 2006] International Telecommunication Union (ITU): *The regulatory Environment for Future Mobile Multimedia Services – The German ICT Market*, ITU New

- Initiatives Workshop on the Regulatory Environment for Future Mobile Multimedia Services, Case Study von BITKOM, Juli 2006, online: http://www.itu.int/osg/spu/ni/multimobile/papers/FMMS_Germanycasestudy/TU.pdf
- [Kauffels 2007] Frans-Joachim Kauffels: *Grundlagen der Netzwerktechnik*, 6.Auflage, Heidelberg, 2007
- [Kien 2008] Kien, Markus: *Von Bildtelefonie zu Telepresence*, in: funkschau – Kommunikationstechnik für Profis, Ausgabe 17/2008, August 2008
- [Knermann 2008] Knermann, Christian; Knöchling, Christoph: *PC vs. Thin Client – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, Version 01.2008*, Fraunhofer UMSICHT, Februar 2008, online: <http://cc-asp.fraunhofer.de/docs/PCvsTC-de.pdf>
- [Knermann 2008b] Knermann, Christian; Hiebel, Markus; Pflaum, Hartmut; Rettweiler, Manuela; Schröder, Andreas: *Ökologischer Vergleich der Klimarelevanz von PC und Thin Client Arbeitsplatzgeräten 2008*, Fraunhofer UMSICHT, April 2008, online: http://it.umsicht.fraunhofer.de/TCecology/docs/TCecology2008_de.pdf
- [Mallon 2007] Mallon, Karl; Johnston, Gareth; Burton, Donovan; Cavanagh, Jeremy: *Towards a High-Bandwidth, Low-Carbon Future: Telecommunication-based opportunities to Reduce Greenhouse Gas Emissions*, Climate Risk Pty Ltd, 2007, online: http://www.telstra.com.au/abouttelstra/csr/docs/climate_full_report.pdf.pdf
- [MA-Radio II 2007] Arbeitsgemeinschaft Media-Analyse e.V., MA Radio II 2007, (Abfrage bei: ARD-Werbung SALES-SERVICES GmbH vom 17.06.2008)
- [METI 2008] Ministry of Economics Trade and Industry: *Green IT Initiative in Japan*, 2008, online: <http://www.meti.go.jp/english/policy/GreenITInitiativeInJapan.pdf>
- [Montagne 2006] Roland Montagne: *The market's evolution to very high-speed*, IDATE consulting & research, August 2006, online: http://www.ftthcouncil.eu/documents/studies/IDATE_White_Paper_FTTH_2007.pdf
- [Pamlin 2006] Pamlin, Dennis; Szomolányi, Katalin: *Saving the Climate at the Speed of Light – First roadmap for reduced CO₂ emissions in the EU and beyond*, ETNO, WWF, 2006, online: <http://www.etno.be/Portals/34/ETNO%20Documents/Sustainability/Climate%20Change%20Road%20Map.pdf>
- [Photonics 21: 2006] European Technology Platform Photonics21: *Strategic Research Agenda in Photonics*, 2006, online: <http://www.photonics21.org>
- [Reitze/Ridder 2006] Reitze, H.; Ridder, C.-M. (Hrsg.) (2006): *Massenkommunikation VII. Eine Langzeitstudie zur Mediennutzung und Medienbewertung 1984-2006*. Baden-Baden: Nomos 2006.
- [TdW 2007] Burda Community Network GmbH, *Typologie der Wünsche*, 2007, Abfrage bei: <http://de.statista.org/>

- [TechConsult 2008] TechConsult GmbH, *eAnalyzer Datenbestand 2008*, Kassel 2008, Abfrage vom 30. Juli 2008.
- [Technology Review 08/2008] Larry Hardesty: *Das letzte Bit*, Technology Review 08/2008, S. 68 – 72
- [Technology Review 03/2009] Robert X. Cringley, Wolfgang Stieler: *Superrechner für zu Hause*, Technology Review 03/2009, S.50 – 53
- [T-Systems 2008] T-Systems: *Seamless Communication – Nahtlos funktionierende Kommunikation*, White Paper, 2008, online: http://download.sczm.t-systems.de/ContentPool/de/StaticPage/34/03/80/340380_WhitePaper-Seamless-Communications-ps.pdf?client=t-systems.de
- [T-Systems 2008b] T-Systems: *Unified Communications – Kommunikation kann so einfach sein*, White Paper, 2008, online: <http://www.t-systems.de/tsi/servlet/contentblob/t-systems.de/de/329224/blobBinary/WhitePaper-Unified-Communications-ps.pdf>
- [T-Systems b] T-Systems: *Next Generation Network – Motivation und Herausforderungen für Incumbents*, White Paper online: http://www.sczm.t-systems.de/tsi/servlet/contentblob/t-systems.de/de/11094/blobBinary/White_Paper-NGN-ps.pdf
- [T-Systems] T-Systems, Technische Universität Darmstadt: *Enterprise Mobility – Durch Mobilität zum Erfolg*, White Paper, online: http://www.t-systems.de/tsi/servlet/contentblob/t-systems.de/de/86994/blobBinary/2007-02-05_White-Paper-Enterprise-Mobility_DL-ps.pdf
- [VGR 2008] Statistisches Bundesamt: *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen*, Fachserie 18, Reihe 1.4. Stand Februar 2008
- [Wirtz 2008] Bernd W. Wirtz: *Deutschland online – Unser Leben im Netz*, Deutsche Telekom AG, Januar 2008, online: <http://www.studie-deutschland-online.de/do5/0000.html>
- [Witzki 2008] Witzki, Axel: *Umweltverträgliche Netze*, in: funkschau – Kommunikationstechnik für Profis, Ausgabe 17/2008, August 2008

Anhang

7 Anhang: Datensammlung

7.1 Detaillierte Datenquellen und Annahmen für die Bestandsaufnahme des Stromverbrauchs für IKT im Jahr 2007 und die Basisprognose bis 2020

Tabelle 12 zeigt den in dieser Untersuchung berechneten Strombedarf für alle IKT-Anwendungen in Deutschland für das Referenzjahr 2007 und die Basisprognose für die Jahre 2010, 2015 und 2020 nach Sektoren und detaillierten Produktgruppen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die diesen Ergebnissen zugrunde liegenden Daten und Annahmen detailliert erläutert. Die Darstellung folgt dabei den Modulen des verwendeten Berechnungsmodells (Abbildung 4), wonach sich der gesamte Strombedarf aus den folgenden Bestimmungsfaktoren errechnet:

- (1) Gerätebestand
- (2) Nutzungszeiten bzw. Nutzungsmuster
- (3) Leistungsaufnahme in den verschiedenen Betriebszuständen (Active und Standby mode)

Die Erläuterung erfolgt außerdem jeweils getrennt für die hier unterschiedenen vier Hauptsektoren für IKT-Anwendungen:

- (1) IKT-Endgeräte in privaten Haushalten
- (2) IKT-Endgeräte in Unternehmen
- (3) Server und Rechenzentren
- (4) Kernnetz und Netzzugang (Mobilfunk und Festnetz)

Zunächst werden die für die Bestandsaufnahme für das Jahr 2007 verwendeten Datenquellen und Annahmen erläutert, im Anschluss daran die Annahmen für die Basisprognose.

Tabelle 12: Strombedarf für alle IKT-Anwendungen in Deutschland im Jahr 2007 und Basisprognose bis 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch
	alle Modi	alle Modi	alle Modi	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Computer: PC	6.141,6	6.656,3	7.911,9	7.895,0
Computer: Home Server	834,4	1.423,0	2.910,8	4.173,0
Computer: LCD Monitor	809,7	1.332,2	1.836,2	1.929,4
Computer: CRT Monitor	1.705,5	453,8	0,0	0,0
Computer: Notebook	680,0	773,0	1.204,2	1.597,2
Computer: IJ-Drucker/MFD	405,4	312,2	207,0	108,8
Computer: EP-Drucker/MFD	283,4	332,0	294,9	245,2
Computer: Flatbed Scanner	356,5	277,8	152,1	67,1
Computer Summe	11.216,7	11.560,3	14.517,1	16.015,7
Mobiles: Mobiltelefone	322,1	379,8	432,8	470,7
Mobiles: PDA	8,2	3,6	0,0	0,0
Mobiles: Gameports	10,5	10,6	10,7	10,9
Mobiles: DigiCam	110,9	143,9	164,0	175,4
Mobiles: Camcorder	26,9	45,0	63,8	73,9
Mobiles Summe	478,7	582,9	671,3	730,9
Television: TV S (19"-26")	6.241,6	5.787,3	3.967,2	3.015,2
Television: TV M (27"-39")	3.561,2	4.994,1	6.319,6	6.680,5
Television: TV L (40"-49")	778,6	1.501,0	2.281,2	3.201,5
Television: TV XL (50"-65")	278,4	460,2	593,3	715,3
Television: STB (Analog)	616,4	203,1	0,0	0,0
Television: STB (DVB-S)	826,5	1.150,9	1.234,7	1.259,8
Television: STB (DVB-C)	295,3	386,8	1.763,8	1.799,7
Television: STB (DVB-T)	334,5	580,3	529,2	539,9
Television: VHS Player/Recorder	985,4	355,0	143,8	0,0
Television: DVD/HDD Player/Recorder	343,4	428,2	581,9	484,0
Television: Game-Konsolen	1.571,4	1.561,7	1.457,5	1.351,1
Television Summe	15.832,6	17.408,7	18.872,2	19.047,1
Audio: Radio/CD/Tape-Recorder	1.258,4	1.270,6	950,0	963,0
Audio: HiFi-Anlagen	1.953,5	1.972,5	1.566,6	1.150,6
Audio Summe	3.211,9	3.243,1	2.516,6	2.113,6
Telefon: Schnurlos (DECT)	979,2	990,8	982,3	974,1
Telefon: Fax-Gerät	190,4	128,6	86,8	88,0
Telefon: Router, etc.	356,2	440,2	518,2	541,2
Telefon: WLAN-Router	744,6	937,4	1.195,9	1.352,9
Telefon Summe	2.270,3	2.497,0	2.783,2	2.956,2
Summe Haushalte	33.010,1	35.291,9	39.360,4	40.863,6
Unternehmen Computer: PC	3.465,2	3.590,4	3.576,7	3.714,5
Unternehmen Computer: LCD Monitor	754,0	870,6	1.030,1	1.111,4
Unternehmen Computer: CRT Monitor	555,9	241,2	0,0	0,0
Unternehmen Computer: Notebook	192,7	395,1	523,8	658,2
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	138,7	111,0	59,7	22,5
Unternehmen Computer: EP-Drucker/MFD	1.089,1	1.209,6	1.008,8	879,7
Unternehmen Computer Summe	6.195,6	6.417,9	6.199,0	6.386,2
Unternehmen Telefon	546,9	546,9	546,9	546,9
Unternehmen Telefon: Router, etc.	74,8	82,6	92,9	103,9
Unternehmen Telefon Summe	621,7	629,5	639,8	546,9
Summe Unternehmen	6.817,3	7.047,4	6.838,9	6.933,0
Server: High End (>50k\$)	333,2	612,3	995,6	1.429,8
Server: Mid-range (25-50k\$)	446,5	502,3	735,1	1.055,7
Server: Volume XL (10-25k\$)	358,8	441,8	508,0	625,3
Server: Volume L (6-10k\$)	173,0	228,7	324,2	410,8
Server: Volume M (3-6k\$)	1.466,7	1.580,0	1.642,0	1.673,6
Server: Volume S (<3k\$)	870,6	935,9	954,8	964,2
Server Summe	3.648,7	4.301,1	5.159,6	6.159,4
Rechenzentren: Netzwerk	456,1	477,9	516,0	615,9
Rechenzentren: Storage	456,1	477,9	516,0	615,9
Rechenzentren: Infrastruktur	4.560,9	4.301,1	4.127,7	4.927,5
Infrastruktur Summe	5.473,1	5.256,9	5.159,6	6.159,4
Rechenzentren komplett	9.121,8	9.558,1	10.319,1	12.318,8
Mobilfunk: BTS (GSM/EDGE)	1.489,2	1.286,1	1.218,4	1.054,9
Mobilfunk: MSC (GSM/EDGE)	465,38	465,38	465,38	465,4
Mobilfunk: NodeB (UMTS/HSDPA)	876,0	875,8	1.058,9	1.170,0
Mobilfunk: RNC (UMTS/HSDPA)	273,75	316,90	404,45	516,2
Mobilfunk: TETRA (BOS Anwendung)				
Mobilfunk: WLAN Hotspots	2,3	2,5	4,9	7,9
Mobilfunk Summe	3.106,6	2.946,7	3.152,1	3.214,3
Festnetz: Remote Node (Verteiler Straße)				
Festnetz: Central Node (Ortsvermittlung)				
Festnetz: Backbone Router/Switches				
Festnetz: Richtfunk				
Kabel TV: Splitter, Router				
Rundfunk: Funktürme (DVB-T)				
Satelliten: Up-Link (DVB-S)				
Festnetz Summe	3.328,8	3.328,8	3.328,8	3.328,8

7.1.1 IKT-Endgeräte in Haushalten

7.1.1.1 Gerätebestand

Tabelle 13 stellt die Bestandentwicklung für IKT-Endgeräte in privaten Haushalten in Deutschland von 2007 bis 2020 dar.

Zur Ermittlung der Basisdaten für das Jahr 2007 wurde im Wesentlichen auf verfügbare Statistiken des Statistischen Bundesamtes oder von Branchenverbänden (insbesondere IKT-Statistik des Statistischen Bundesamtes, BITKOM, ACTA, TdW, MA-Radioli) zu Gerätebeständen oder Geräteausstattungen der Haushalte zurückgegriffen. Letztere wurden dann mit der Gesamtzahl der Haushalte in Deutschland (2007: 39,7 Mio. Haushalte; DeStatis 2008) auf den Gesamtbestand an Geräten hochgerechnet. Dieses methodische Vorgehen bietet sich auch deshalb an, weil es sich auch für die Prognose des künftigen Gerätebestands eignet. Für die Prognose des Gerätebestandes wurden dann in einem weiteren Arbeitsschritt die bis zum Jahr 2020 zu erwartenden Geräteausstattungen abgeschätzt und mit der künftigen Zahl der Haushalte (nach der 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes, Variante V1-W2 (Trend): 2010: 40,1 Mio.; 2015: 40,6 Mio. 2020: 41,2 Mio.; DeStatis 2006) verknüpft. Bei den Gerätebeständen wird grundsätzlich eine bei vielen IKT-Geräten vorhandene Mehrfachausstattung von Haushalten mit berücksichtigt.

Aufgrund der Konvergenz mit IKT-Produkten (Vermischung von Funktionalitäten) werden hier auch TV (inkl. Peripherie) und Audiogeräte als typische Unterhaltungselektronik (Consumer Electronics) mit betrachtet. Die Stückzahlen der Fernseher beinhalten Erst- und Zweitgeräte. Laut BITKOM [2008b] steigen die Gesamtverkäufe der Fernseher stark an, der Kaufzyklus erhöht sich. Daraus lässt sich schließen, dass auch der Anteil von Zweitgeräten wachsen wird.

Nicht betrachtet in der Bestandsaufnahme sind Fotodrucker, mobile DVD-Spieler und MP3-Spieler, da sich der Stromverbrauch durch das unklare und unregelmäßige Nutzungsmuster und Ladeverhalten (MP3-Player über USB-Anschluss des PCs geladen) nicht quantifizieren lässt.

Bis 2020 wird für die meisten Gerätegruppen mit einem Bestandszuwachs gerechnet, der sowohl durch weiter steigende Ausstattungsraten als auch durch das leichte Wachstum der Zahl der Haushalte bedingt ist. Nachfolgend werden die Datenquellen für die Ermittlung der Bestandsdaten für das Jahr 2007 pro Produktgruppe kurz erläutert.

Tabelle 13: IKT-Endgeräte in deutschen Haushalten, Bestand für 2007 und Prognosen für 2010, 2015 und 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen
	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.
Computer: PC	27.805,4	28.878,0	31.690,8	32.947,7
Computer: Home Server	2.352,0	3.609,7	5.688,1	8.236,9
Computer: LCD Monitor	14.636,0	26.070,4	33.316,0	35.006,9
Computer: CRT Monitor	14.228,5	4.010,8	0,0	0,0
Computer: Notebook	10.591,0	12.032,5	16.251,7	20.592,3
Computer: IJ-Drucker/MFD	15.797,0	16.845,5	18.689,5	20.592,3
Computer: EP-Drucker/MFD	6.977,0	10.027,1	12.188,8	13.590,9
Computer: Flatbed Scanner	13.328,0	14.439,0	13.407,7	12.355,4
Computer Summe	105.714,9	115.913,0	131.232,5	143.322,5
Mobiles: Mobiltelefone	97.400,0	114.854,6	130.864,0	142.324,0
Mobiles: PDA	1.830,0	802,2	0,0	0,0
Mobiles: Gameports	6.272,0	6.333,0	6.415,3	6.502,9
Mobiles: DigiCam	24.737,0	32.086,6	36.566,3	39.125,4
Mobiles: Camcorder	6.008,0	10.027,1	14.220,2	16.473,9
Mobiles Summe	136.247,0	164.103,5	188.065,8	204.426,2
Television: TV S (19" -26")	41.708,1	36.035,3	27.172,9	21.739,3
Television: TV M (27"- 39")	14.895,8	19.380,3	26.555,3	29.615,9
Television: TV L (40"- 49")	2.383,3	4.239,4	6.793,2	10.082,0
Television: TV XL (50"-65")	595,8	908,5	1.235,1	1.575,3
Television: STB (Analog)	10.083,0	3.179,6	0,0	0,0
Television: STB (DVB-S)	13.518,0	18.017,7	21.614,8	22.054,4
Television: STB (DVB-C)	4.830,0	6.056,4	30.878,2	31.506,2
Television: STB (DVB-T)	5.470,5	9.084,5	9.263,5	9.451,9
Television: VHS Player/Recorder	27.832,0	10.027,1	4.062,9	0,0
Television: DVD/HDD Player/Recorder	24.122,0	30.081,2	36.566,3	41.184,6
Television: Game-Konsolen	11.300,0	11.230,3	11.376,2	11.531,7
Television Summe	156.738,5	148.240,3	175.518,4	178.741,3
Audio: Radio/CD/Tape-Recorder	41.043,0	41.442,2	41.980,4	42.554,3
Audio: HiFi-Anlagen	25.127,0	25.371,4	25.700,9	26.052,2
Audio Summe	66.170,0	66.813,5	67.681,3	68.606,5
Telefon: Schnurlos (DECT)	37.259,2	37.701,8	37.378,9	37.066,2
Telefon: Fax-Gerät	7.125,0	4.813,0	3.250,3	3.294,8
Telefon: Router, etc.	10.164,4	12.561,9	14.789,1	15.444,2
Telefon: WLAN-Router	8.500,0	10.700,9	13.651,4	15.444,2
Telefon Summe	63.048,7	65.777,6	69.069,7	71.249,4
Summe Haushalte	527.919,1	560.848,0	631.567,9	666.346,0

7.1.1.1 Computer und Peripherie

Tabelle 14 zeigt die für die Ermittlung des Gerätebestands von Computern und Peripheriegeräten im Basisjahr 2007 verwendeten Datenquellen und Annahmen.

Tabelle 14: Computer – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007

Produktgruppe	Bestandszahlen 2007
	Quellen und Annahmen
Computer: PC	Statistisches Bundesamt/Eurostat IKT Statistik 2007
Computer: Home Server	TdW 2007
Computer: Monitore gesamt	Schätzung Fraunhofer ISI. Ann.: Zahl der Monitore = Anzahl der PC + 10 % der Notebooks
Computer: LCD Monitor	BITKOM 2008
Computer: CRT Monitor	Monitore gesamt - LCD Monitore
Computer: Notebook	MA-Radio II 2007
Computer: II-Drucker/MFD	TdW 2007
Computer: EP-Drucker/MFD	TdW 2007
Computer: Flatbed Scanner	ACTA 2007
Computer Summe	

Für die Ermittlung des Bestands an Desktop PCs, Home Servern und Notebooks für 2007 konnte auf zuverlässige statistische Quellen zu den Ausstattungsraten der Haushalte (inkl. Mehrfachausstattungen) zurückgegriffen werden. Die zugehörige Gesamtzahl an Computer-Monitoren wurde abgeschätzt, indem angenommen wurde, dass jeder Desktop PC und zusätzlich jedes zehnte Notebook mit einem Monitor ausgestattet sind. Während der heutige Bestand an LCD-Monitoren auf Verbandsangaben (BITKOM) basiert, wurde der noch vorhandene Bestand an CRT-Monitoren als Differenz ermittelt. In den kommenden Jahren dürfte der Bestand an CRT-Monitoren allerdings deutlich zurückgehen. Bis 2015 werden CRT-Monitore vollständig durch LCD-Monitore substituiert sein. Der Bestand an Druckern und Scannern konnte auf der Grundlage von statistischen Datenquellen ermittelt werden. Die Entwicklung bis 2020 wurde aufgrund eigener Annahmen abgeschätzt.

7.1.1.1.2 Mobile Endgeräte

Tabelle 15 zeigt die für die Ermittlung des Gerätebestands von mobilen Endgeräten im Basisjahr 2007 verwendeten Datenquellen und Annahmen.

Tabelle 15: Mobile Endgeräte – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007

Produktgruppe	Bestandszahlen
	Quellen und Annahmen
Mobiles: Mobiltelefone	BITKOM 2008
Mobiles: PDA	TdW 2007
Mobiles: Gameports	ACTA 2007
Mobiles: DigICam	BITKOM 2008
Mobiles: Camcorder	MA-Radio II 2007
Mobiles Summe	

Für die Ermittlung des Bestands an mobilen Endgeräten 2007 standen Ausstattungsraten aus unterschiedlichen Quellen (Verbandsstatistiken, Verbraucherbefragungen) zur Verfügung. Die Entwicklung bis 2020 wurde abgeschätzt. Es wird angenommen, dass

es bis 2015 keine PDAs mehr im Gebrauch geben wird, da die Funktionalität durch das wachsende Funktionsspektrum von Mobiltelefonen (sogenannte Smart Phones) abgedeckt sein wird. Für die anderen Geräte wird ein Wachstum angenommen.

7.1.1.1.3 Television und Peripherie

Tabelle 16 zeigt die verwendeten Datenquellen und Annahmen zur Ermittlung des Bestands 2007 an Fernsehern, Set-Top-Boxen und sonstigen Videogeräten.

Tabelle 16: Television und Peripherie – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007

Produktgruppe	Bestandszahlen
	Quellen und Annahmen
Television Summe	Abschätzung Fraunhofer ISI auf Grundlage von Angaben von MA-Radio II 2007 zur Ein- und Mehrfachausstattung von HH mit TV: 59 % ein Gerät, 31 % 2 Geräte, 7 % 3 Geräte, 2 % 4 und mehr Geräte
Television: TV S (19" -26")	Focus 2007, EuP Lot 5
Television: TV M (27"- 39")	Focus 2007, EuP Lot 5
Television: TV L (40"- 49")	Focus 2007, EuP Lot 5
Television: TV XL (50"-65")	Focus 2007, EuP Lot 5
Television: STB (Analog)	GSDZ 2007
Television: STB (DVB-S)	GSDZ 2007
Television: STB (DVB-C)	GSDZ 2007
Television: STB (DVB-T)	GSDZ 2007
Television: VHS Player/R ecorder	ACTA 2007
Television: DVD/HDD Player/R ecorder	MA-Radio II 2007
Television: Game-Konsolen	BITKOM 2008
Television Summe	

Gerade bei Fernsehern spielt die Mehrfachausstattung mit Geräten aufgrund der relativ langen täglichen Nutzungszeiten und der hohen Leistungsaufnahme im Normalbetrieb eine wichtige Rolle. In vielen statistischen Datenquellen, u.a. der IKT-Statistik des Statistischen Bundesamtes, wird jedoch nur die grundsätzliche Ausstattung der Haushalte mit Fernsehern abgefragt⁴⁹, ohne zwischen Ein- und Mehrfachausstattungen zu differenzieren. Auf der Grundlage von Angaben Arbeitsgemeinschaft Media-Analyse wird hier diese Differenzierung vorgenommen. Insgesamt ergibt sich dabei ein Wert von 1,5 Fernsehern pro Haushalt, was einem Gerätebestand von rund 59,6 Millionen im Jahr 2007 entspricht. Dieser Gesamtbestand lässt sich weiter nach Bildschirmtechnologie oder Bildschirmgröße differenzieren. Technologiespezifisch dominiert im heutigen Bestand aufgrund der langen Nutzungszeiten von TV-Geräten von 10–12 Jahren noch deutlich die CRT-Technologie, während der Anteil der LCD- und Plasma-Technologie heute nach Verbandsangaben (BITKOM 2008) erst bei 10% liegen dürfte. Dieser Anteil

⁴⁹ Diese liegt in Deutschland bei rund 95%.

dürfte sich aber in den kommenden Jahren deutlich erhöhen. Wie die Arbeiten an der EuP-Vorbereitungsstudie zu TVs (EuP Lot 5) allerdings gezeigt haben, ist für den Energieverbrauch weniger die Bildschirmtechnologie als die Bildschirmgröße verantwortlich. Daher wird hier der Gesamtbestand der Fernseher weiter nach vier Größenkategorien differenziert.

Die Internationale Funkausstellung IFA in Berlin 2008 bestätigt den Eindruck, dass mit einem weiteren Preisabfall tendenziell sehr große TV-Geräte mit einer Bilddiagonale von 46" (117 cm) bis 55" (140 cm) verkauft werden. Verkäufer auf der IFA beurteilen diesen Trend mit dem Argument, dass die Preisobergrenze eines durchschnittlichen Kunden bei 1.000 € liegt. Da die Industrie mittelfristig sehr große TV-Geräte in dem Preissegment 800 bis 1.000 € anbieten wird, ist anzunehmen, dass Neugeräte in Deutschland weitaus größer sind. Bislang waren wir von Annahmen zur europäischen Marktentwicklung ausgegangen, die tendenziell den Verkauf von mittelgroßen TV-Geräten mit einer Bilddiagonale von 32" (82 cm) bis 42" (107 cm) als wahrscheinlich angesehen hatten.

Eine weitere Gerätegruppe innerhalb der Produktgruppe "Television" mit wachsender Bedeutung für den Energieverbrauch sind die Set-Top-Boxen, die hier vier Unterkategorien aufgeteilt werden. Die Bestandszahlen für alle Kategorien konnten auf der Grundlage einer einheitlichen Datenquellen, dem Digitalisierungsbericht 2007 der GSDZ (Gemeinsame Stelle Digitaler Zugang), ermittelt werden.

Für die Ermittlung von Bestandszahlen an Video- und DVD-Geräten sowie Spielkonsolen standen wiederum Angaben zu Ausstattungsraten aus Verbandsstatistiken und Verbraucherbefragungen zur Verfügung.

Die Zahlen für die Prognose bis 2020 beruhen auf eigenen Annahmen. Der Gesamtbestand an Fernsehern wächst. Durch eine starke Verschiebung hin zu größeren Geräten, sinkt jedoch der Bestand an kleinen Geräten (TV S). Die Entwicklung der Verteilung der Größenklassen ist in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: Verteilung der TV-Größenklassen von 2007 – 2020

	2007	2010	2015	2020
TV S (19" – 26")	70,00%	59,50%	44,00%	34,50%
TV M (27" – 39")	25,00%	32,00%	43,00%	47,00%
TV L (40" – 49")	4,00%	7,00%	11,00%	16,00%
TV XL (50" – 65")	1,00%	1,50%	2,00%	2,50%

Die Gesamtzahl der Set-Top-Boxen wird stark zunehmen, allerdings führt die steigende Digitalisierung der TV-Übertragung zwangsweise zu einem „Aussterben“ von analo-

gen Set-Top-Boxen. Für die Prognose ist angenommen, dass analoge STBs bis 2015 aus dem Bestand verschwinden. Ähnliches gilt für VHS-Recorder, die durch DVD-, BluRay- oder Harddisc-Recorder ersetzt sein werden. Allerdings wird hier eine längere Austauschzeit bis 2020 angenommen, da im Gegensatz zum Auswechseln der STB durch die Digitalisierung kein „Zwang“ zum Ersetzen/Austauschen des VHS-Recorders besteht. Häufig werden diese Geräte als Zweitgeräte oder ergänzend als Aufnahmegerät bei Vorhandensein reiner DVD/BluRay-Player genutzt.

7.1.1.1.4 Audio-Geräte

Tabelle 18: Audio-Geräte – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007

Produktgruppe	Bestandszahlen
	Quellen und Annahmen
Audio: Radio/CD/Tape-Recorder	MA-Radio II 2007
Audio: HiFi-Anlagen	MA-Radio II 2007
Audio Summe	

Die Bestandszahlen für Audiogeräte wurden auf der Grundlage von Angaben zu Haushaltsausstattungen der Arbeitsgemeinschaft Media-Analyse erhoben. Die Ausstattung wird bis 2020 nur minimal wachsen, da der Markt für diese Geräte bereits weitestgehend gesättigt ist.

7.1.1.1.5 Telefonie

Tabelle 19: Telefonie – Quellen und Annahmen zum Bestand im Basisjahr 2007

Produktgruppe	Bestandszahlen
	Quellen und Annahmen
Telefon: Schnurlos (DECT)	DeStatis 2007
Telefon: Fax-Gerät	MA-Radio II 2007
Telefon: Router, etc.	TdW 2007
Telefon: WLAN-Router	BITKOM
Telefon Summe	

Für die Ermittlung von Gerätebeständen im Bereich Telefonie standen sowohl Angaben des Statistischen Bundesamtes als auch aus der Medienanalyse zur Verfügung. Die Anzahl von installierten WLAN-Routern in Deutschland stammt von BITKOM.

Der Bestand an Telefonen verändert sich kaum, variiert nur leicht mit der Anzahl der Haushalte in Deutschland. Die Zahl der Fax-Geräte wird abnehmen, da sowohl die Möglichkeit des Faxens zunehmend durch MFD-Drucker gegeben ist und zudem durch

die Verbreitung von Email die Funktion „Faxen“ generell deutlich weniger genutzt werden wird.

Die Zahl der Router wird mit der zunehmenden Internetanbindung der Haushalte wachsen. Es wird angenommen, dass dabei der Anteil der WLAN-Router aufgrund der wachsenden Zahl an Notebooks und anderer internetfähiger „Handhelds“ deutlich stärker wächst und bis 2020 die Hälfte aller Router in Haushalten über WLAN-Funktionen verfügt.

7.1.1.2 Nutzungsmuster

In Tabelle 20 ist das Nutzungsmuster für IKT-Endgeräte in Haushalten zusammengefasst.

Im Folgenden werden die Annahmen pro Produktgruppe näher erläutert. Es lässt sich festhalten, dass sich das Nutzungsmuster nur für PCs und TV-Geräte, denen eine zunehmende Nutzung zugeschrieben wird (siehe Kapitel 7.1.1.2.1 und 7.1.1.2.3), ändert.

7.1.1.2.1 Computer und Peripherie

Tabelle 21: Computer – Quellen und Annahmen zur Nutzung

Produktgruppe	Nutzungsmuster
Quellen und Annahmen	
Computer: PC	EuP Lot 3
Computer: Home Server	EuP Lot 3, Server ist an (idle) wenn PC an oder standby, Server in standby, wenn PC aus
Computer: LCD Monitor	EuP Lot 3
Computer: CRT Monitor	EuP Lot 3
Computer: Notebook	EuP Lot 3
Computer: IJ-Drucker/MFD	EuP Lot 4, angepasst 7-Tage-Nutzung (Haushalte) statt 5 Tage (Büros)
Computer: EP-Drucker/MFD	EuP Lot 4, angepasst 7-Tage-Nutzung (Haushalte) statt 5 Tage (Büros)
Computer: Flatbed Scanner	EuP Lot 4, angepasst 7-Tage-Nutzung (Haushalte) statt 5 Tage (Büros)
Computer Summe	

Für diese Produktgruppe ist die Datenlage für 2007 durch die EuP-Vorstudien Lot 3 (PCs) und Lot 4 (Imaging Equipment) gesichert. Für die Prognose von PCs und Notebooks wurden sowohl eine längere Nutzungs- als auch eine deutlich längere Standby-Phase angenommen. Die Nutzungsdauer der Bildschirme wurde an die sich ändernde Nutzung der PCs angepasst. Jedoch wurde davon ausgegangen, dass (ab 2010) Bildschirme während nicht-Nutzungsphasen ins Standby gehen. Daher ist der active-Mode bei Monitoren 0,5 h kürzer als bei PCs, der Netzwerk-Standby dafür 0,5 h länger. Für den Home Server wurde das Nutzungsmuster anhand des Nutzungsmusters des PCs berechnet. Die Summe aus Standby und Active des PCs wird als active Zeit des Home Servers angenommen. Die restliche Zeit des Tages wird als Standby berechnet, da angenommen wird, dass der Home Server nicht ausgeschaltet wird.

Für Drucker und Scanner wurde das Nutzungsmuster von 2007 auch für die Prognose beibehalten.

7.1.1.2.2 Mobile Endgeräte

Tabelle 22: Mobile Endgeräte – Quellen und Annahmen zur Nutzung

Produktgruppe	Nutzungsmuster
	Quellen und Annahmen
Mobiles: Mobiltelefone	EuP Lot 7, Nutzung des Ladegerätes, S tandby entspricht no-load, Ladegerät in S teckdose, aber nicht ladend
Mobiles: PDA	EuP Lot 7, Nutzung des Ladegerätes, S tandby entspricht no-load, Ladegerät in S teckdose, aber nicht ladend, Annahme: Nutzungsmuster von Handys
Mobiles: Gameports	eigene Annahmen, Nutzung des Ladegerätes, S tandby entspricht no-load, Ladegerät in S teckdose, aber nicht ladend
Mobiles: DigiCam	EuP Lot 7, Nutzung des Ladegerätes, S tandby entspricht no-load, Ladegerät in S teckdose, aber nicht ladend
Mobiles: Camcorder	EuP Lot 7, Nutzung des Ladegerätes, S tandby entspricht no-load, Ladegerät in S teckdose, aber nicht ladend
Mobiles Summe	

Für diese Produktgruppe wurde das Nutzungsmuster der Ladegeräte (External Power Supply EPS) der EuP-Vorstudie Lot 7 verwendet. Der Fall des „no-loads“ wurde hier als Schein-Aus angesetzt. Eine Veränderung des Nutzungsmusters über die Jahre wurde nicht angenommen.

7.1.1.2.3 Television und Peripherie

Tabelle 23: Television und Peripherie – Quellen und Annahmen zur Nutzung

Produktgruppe	Nutzungsmuster
	Quellen und Annahmen
Television: TV S (19" -26")	Reitze/R idder 2006, von 3,6 auf 3,5 h reduziert, da Zweitgeräte mit kürzerer Nutzungsdauer mit betrachtet werden
Television: TV M (27" - 39")	Reitze/R idder 2006, von 3,6 auf 3,5 h reduziert, da Zweitgeräte mit kürzerer Nutzungsdauer mit betrachtet werden
Television: TV L (40" - 49")	Reitze/R idder 2006, von 3,6 auf 3,5 h reduziert, da Zweitgeräte mit kürzerer Nutzungsdauer mit betrachtet werden
Television: TV XL (50"-65")	Reitze/R idder 2006, von 3,6 auf 3,5 h reduziert, da Zweitgeräte mit kürzerer Nutzungsdauer mit betrachtet werden
Television: STB (Analog)	Nutzungsmuster analog zu Fernsehern plus 1 h networked S tandby für E lectronic Programme Guide, Updates, etc.
Television: STB (DVB-S)	Nutzungsmuster analog zu Fernsehern plus 1 h networked S tandby für E lectronic Programme Guide, Updates, etc.
Television: STB (DVB-C)	Nutzungsmuster analog zu Fernsehern plus 1 h networked S tandby für E lectronic Programme Guide, Updates, etc.
Television: STB (DVB-T)	Nutzungsmuster analog zu Fernsehern plus 1 h networked S tandby für E lectronic Programme Guide, Updates, etc.
Television: VHS Player / Recorder	eigene Annahmen: Aufnahme und Abspielen bei on-mode berücksichtigt, keine tägliche Nutzung angenommen
Television: DVD/HDD Player / Recorder	eigene Annahmen: S tandby kürzer als bei VHS , da angenommen: Anteil der reinen Player überwiegt
Television: Game-Konsolen	eigene Annahmen
Television Summe	

Die tägliche Nutzungsdauer der Fernseher wird von Reitze/Ridder (2006) auf 3,6 h/d geschätzt. Aufgrund des hohen Anteils von Zweitgeräten am Bestand wird dies im Rahmen dieser Studie auf 3,5 h/d reduziert, da angenommen wird, dass Zweitgeräte seltener und weniger lange genutzt werden. Dies erhöht sich bis 2010 auf das „europäische Niveau“, das im Rahmen der EuP Lot 5 Studie mit 4 h/a abgeschätzt wurde. Für die Set-Top-Boxen wurde in Abhängigkeit zu den Fernsehgeräten die Nutzungsdauer ebenfalls erhöht.

Das Nutzungsmuster der VHS/DVD-Player sowie der Gamekonsolen verändert sich nicht.

7.1.1.2.4 Audio-Geräte

Tabelle 24: Audio-Geräte – Quellen und Annahmen zur Nutzung

Produktgruppe	Nutzungsmuster
	Quellen und Annahmen
Audio: Radio / CD / Tape-Recorder	eigene Annahmen, meist wird nur Lautsprecher ausgeschaltet, Receiver bleibt an, daher Standby und nicht aus
Audio: HiFi-Anlagen	eigene Annahmen
Audio Summe	

Zur Nutzung und Leistungsaufnahme von Audio-Geräten gibt es kaum Datenmaterial, daher beruhen die Zahlen auf eigenen Annahmen. Das angenommene Nutzungsmuster variiert nicht über die Zeit.

7.1.1.2.5 Telefonie

Tabelle 25: Telefonie – Quellen und Annahmen zur Nutzung

Produktgruppe	Nutzungsmuster
	Quellen und Annahmen
Telefon: Schnurlos (DECT)	eigene Annahmen
Telefon: Fax-Gerät	eigene Annahmen
Telefon: Router, etc.	eigene Annahmen, Gerät dauerhaft an
Telefon: WLAN-Router	eigene Annahmen, Gerät dauerhaft an
Telefon Summe	

Die Zahlen beruhen größtenteils auf eigenen Annahmen. (WLAN-)Router werden in der Regel nicht nach Bedarf ein- und ausgeschaltet sondern bleiben dauerhaft an.

7.1.1.3 Leistungsaufnahme

In Tabelle 26 ist die Leistungsaufnahme der IKT-Endgeräte in Haushalten dargestellt.

Für die Leistungsaufnahme in den Betriebszuständen „Netzwerk-Standby“, „Standby“ und „Schein-Aus“ wird für die meisten Geräte eine Reduzierung gegenüber 2007 angenommen. Für die Leistungsaufnahme im Active-Mode wird aufgrund von erwarteten Effizienzsteigerungen ebenfalls überwiegend eine Reduzierung angenommen, jedoch wird für PCs aufgrund der wachsenden Rechenleistung eine Zunahme der Leistungsaufnahme angenommen.

Im Folgenden sind die Annahmen zur Leistungsaufnahmen der einzelnen Gerätegruppen näher erläutert.

7.1.1.3.1 Computer und Peripherie

Tabelle 27: Computer – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme

Produktgruppe	Leistungsaufnahme
Computer: PC	EuP Lot 3 und eigene Annahmen, Leistungsaufnahme im active und network standby nach oben korrigiert, da in EuP Lot 3 überwiegend idle betrachtet wird
Computer: Home Server	EuP Lot 3, 70 W bezieht sich auf idle-Mode eines "normalen" PCs
Computer: LCD Monitor	EuP Lot 3
Computer: CRT Monitor	EuP Lot 3
Computer: Notebook	EuP Lot 3
Computer: IJ-Drucker/MFD	EuP Lot 4
Computer: EP-Drucker/MFD	EuP Lot 4
Computer: Flatbed Scanner	EuP Lot 4
Computer Summe	

Für diese Produktgruppe ist die Datenlage durch die EuP-Vorstudien Lot 3 und Lot 4 gesichert. In der EuP-Vorstudie Lot 3 zu PC wurde überwiegend der idle-Mode betrachtet, daher wurde die Leistungsaufnahme für PCs im active-Mode und Netzwerk-Standby nach oben korrigiert. Für den Home Server wurde die Leistungsaufnahme des idle-Modes verwendet, da davon ausgegangen wird, dass der Home Server zwar überwiegend an ist, aber im Gegensatz zu kommerziell genutzten Servern kaum Rechenleistung erbringen muss.

Für alle Geräte dieser Produktgruppe wird eine Verringerung der Leistungsaufnahme im Standby und Scheinaus prognostiziert. Für PCs und Notebooks steigt die Leistungsaufnahme aufgrund der zunehmenden Rechenleistung mit den Jahren.

Die Annahmen für die CRT-Monitore bleiben über die Zeit konstant, da es sich hierbei um den „Altbestand“ handelt und keine neueren, effizienteren Geräte dieser Technologie gekauft werden.

7.1.1.3.2 Mobile Endgeräte

Tabelle 28: Mobile Endgeräte – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme

Produktgruppe	Leistungsaufnahme
	Quellen und Annahmen
Mobiles: Mobiltelefone	EuP Lot 7, no-load: 0,3 W, laden: 4 W rated output, mit 66% Effizienz
Mobiles: PDA	EuP Lot 7, Annahme: Leistungsaufnahme von DigiCams
Mobiles: Gameports	EuP Lot 7, eigene Annahmen, Annahme: die meisten Geräte haben Akkus + Ladegerät, Leistungsaufnahme wie DigiCams
Mobiles: DigiCam	EuP Lot 7, no-load: 0,3W, laden: 6,5W rated output, mit 70% Effizienz
Mobiles: Camcorder	EuP Lot 7, no-load: 0,3W, laden: 6,5W rated output, mit 70% Effizienz
Mobiles Summe	

Für diese Produktgruppe wurden die Leistungsaufnahmen der Ladegeräte (External Power Supply) der EuP-Vorstudie Lot 7 verwendet. Dabei wurden die Leistungsaufnahme anhand der Nennleistung (rated output, 4 bzw. 6,5 W) und einer der Größenordnung angepassten Effizienz (66 bzw. 70%) berechnet. Im Fall des „no-loads“ (hier äquivalent zum Scheinaus) wurde ein Verbrauch von 0.3 W angenommen.

Da die Ladegeräte überwiegend schon sehr effizient sind, werden keine Änderungen prognostiziert.

7.1.1.3.3 Television und Peripherie

Tabelle 29: Television und Peripherie – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme

Produktgruppe	Leistungsaufnahme
	Quellen und Annahmen
Television: TV S (19" -26")	EuP Lot 5 und eigene Annahmen
Television: TV M (27"- 39")	EuP Lot 5 und eigene Annahmen
Television: TV L (40"- 49")	EuP Lot 5 und eigene Annahmen
Television: TV XL (50"-65")	EuP Lot 5 und eigene Annahmen
Television: STB (Analog)	eigene Annahmen
Television: STB (DVB-S)	eigene Annahmen
Television: STB (DVB-C)	eigene Annahmen
Television: STB (DVB-T)	eigene Annahmen
Television: VHS Player / Recorder	eigene Annahmen, höhere Leistungsaufnahme als DVD-Spieler, da Motor, insgesamt ältere Geräte, deshalb höherer Standby-Verbrauch
Television: DVD/HDD Player / Recorder	eigene Annahmen, relativ neue Geräte, Standbyleistungsaufnahme deutlich besser als bei "alten" VHS-Geräten
Television: Game-Konsolen	eigene Annahmen
Television Summe	

Für die Leistungsaufnahme der Fernseher wird weitestgehend auf die EuP-Vorstudie Lot 5 zurückgegriffen. Laut einer Studie von BITKOM [2007] sind 78% aller Flachbild-

fernseher HD-ready oder full-HD-fähig. Dies schlägt sich in der erhöhten Leistungsaufnahme nieder. Da es sich bei Flachbildschirmen um eine relativ neue Technologie handelt, ist mit Effizienzsteigerungen in den nächsten Jahren zu rechnen.

Die Leistungsaufnahmen von Set-Top-Boxen (STBs) und VHS/DVD-Spielern beruhen auf eigenen Annahmen. Bei STBs und DVD/BluRay-Playern kommt es zu einer Zunahme der integrierten Funktionen, daher wird auch eine Steigerung der Leistungsaufnahme prognostiziert. Bei analogen STBs und VHS-Recorder handelt es sich weitestgehend um Altbestände, daher wird keine Änderung der Leistungsaufnahme angenommen.

7.1.1.3.4 Audio-Geräte

Tabelle 30: Audio-Geräte – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme

Produktgruppe	Leistungsaufnahme
	Quellen und Annahmen
Audio: Radio / CD / Tape-Recorder	eigene Annahmen: Leistungsaufnahme: Spanne bei Leistungsaufnahme reicht von 8 W (reine Radios) bis 40-50 W (Kompaktanlagen)
Audio: HiFi-Anlagen	eigene Annahmen
Audio Summe	

Zur Leistungsaufnahme von Audio-Geräten gibt es kaum Datenmaterial, daher beruhen die Zahlen auf eigenen Annahmen. Es wird, wie bei den meisten Gerätegruppen, eine Verbesserung im Standby und Scheinaus zugrunde gelegt.

7.1.1.3.5 Telefonie

Tabelle 31: Telefonie – Quellen und Annahmen zur Leistungsaufnahme

Produktgruppe	Leistungsaufnahme
	Quellen und Annahmen
Telefon: Schnurlos (DECT)	eigene Annahmen, Telefonieren und "Standby" haben gleiche Leistungsaufnahme
Telefon: Fax-Gerät	eigene Annahmen, Standby entspricht Leistungsaufnahme von Telefonen
Telefon: Router, etc.	eigene Annahmen, Stellungnahme vom Fraunhofer HHI
Telefon: WLAN-Router	eigene Annahmen, Stellungnahme vom Fraunhofer HHI
Telefon Summe	

Die Zahlen beruhen teilweise auf eigenen Annahmen. Die Leistungsaufnahme für WLAN-Router stammt vom Fraunhofer HHI, aus der Stellungnahme zum 1. Experten-Workshop „Energiebedarf der IKT“. Bei dieser Produktgruppe wird eine gleichbleibende Leistungsaufnahme mit der Zeit angenommen.

7.1.1.4 Gesamt-IKT-Stromverbrauch in Haushalten

Aus den Gerätebeständen sowie den Annahmen zu Leistungsaufnahmen und täglichen Nutzungsdauern der einzelnen Produktgruppen wurde der durch IKT-Endgeräte in Haushalten verursachte gesamte Stromverbrauch berechnet (Tabelle 32). Dabei wurde von einer Nutzung der Geräte an 365 d/a ausgegangen. Die Aufteilung des Stromverbrauchs nach Betriebszuständen für das Jahr 2007 zeigt Tabelle 33.

Tabelle 32: Gesamter Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in privaten Haushalten in Deutschland 2007 bis 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch
	alle Modi	alle Modi	alle Modi	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Computer: PC	6.141,6	6.656,3	7.911,9	7.895,0
Computer: Home Server	834,4	1.423,0	2.910,8	4.173,0
Computer: LCD Monitor	809,7	1.332,2	1.836,2	1.929,4
Computer: CRT Monitor	1.705,5	453,8	0,0	0,0
Computer: Notebook	680,0	773,0	1.204,2	1.597,2
Computer: IJ-Drucker/MFD	405,4	312,2	207,0	108,8
Computer: EP-Drucker/MFD	283,4	332,0	294,9	245,2
Computer: Flatbed Scanner	356,5	277,8	152,1	67,1
Computer Summe	11.216,7	11.560,3	14.517,1	16.015,7
Mobiles: Mobiltelefone	322,1	379,8	432,8	470,7
Mobiles: PDA	8,2	3,6	0,0	0,0
Mobiles: Gameports	10,5	10,6	10,7	10,9
Mobiles: DigiCam	110,9	143,9	164,0	175,4
Mobiles: Camcorder	26,9	45,0	63,8	73,9
Mobiles Summe	478,7	582,9	671,3	730,9
Television: TV S (19"-26")	6.241,6	5.787,3	3.967,2	3.015,2
Television: TV M (27"-39")	3.561,2	4.994,1	6.319,6	6.680,5
Television: TV L (40"-49")	778,6	1.501,0	2.281,2	3.201,5
Television: TV XL (50"-65")	278,4	460,2	593,3	715,3
Television: STB (Analog)	616,4	203,1	0,0	0,0
Television: STB (DVB-S)	826,5	1.150,9	1.234,7	1.259,8
Television: STB (DVB-C)	295,3	386,8	1.763,8	1.799,7
Television: STB (DVB-T)	334,5	580,3	529,2	539,9
Television: VHS Player/Recorder	985,4	355,0	143,8	0,0
Television: DVD/HDD Player/Recorder	343,4	428,2	581,9	484,0
Television: Game-Konsolen	1.571,4	1.561,7	1.457,5	1.351,1
Television Summe	15.832,6	17.408,7	18.872,2	19.047,1
Audio: Radio/CD/Tape-Recorder	1.258,4	1.270,6	950,0	963,0
Audio: HiFi-Anlagen	1.953,5	1.972,5	1.566,6	1.150,6
Audio Summe	3.211,9	3.243,1	2.516,6	2.113,6
Telefon: Schnurlos (DECT)	979,2	990,8	982,3	974,1
Telefon: Fax-Gerät	190,4	128,6	86,8	88,0
Telefon: Router, etc.	356,2	440,2	518,2	541,2
Telefon: WLAN-Router	744,6	937,4	1.195,9	1.352,9
Telefon Summe	2.270,3	2.497,0	2.783,2	2.956,2
Summe Haushalte	33.010,1	35.291,9	39.360,4	40.863,6

Tabelle 33: Stromverbrauch der IKT-Endgeräte in privaten Haushalten 2007 nach den verschiedenen Betriebszuständen (Modes)

Produktgruppe	2007					
	Verbrauch					
	Active	Networked Standby	Standby	Scheinaus	Gesamt non-active	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Computer: PC	5.040,5	801,8	0,0	299,4	1.101,2	6.141,6
Computer: Home Server	733,1	101,3	0,0	0,0	101,3	834,4
Computer: LCD Monitor	721,3	38,0	0,0	50,4	88,4	809,7
Computer: CRT Monitor	1.552,0	61,5	0,0	91,9	153,5	1.705,5
Computer: Notebook	514,1	97,4	0,0	68,4	165,8	680,0
Computer: IJ-Drucker/MFD	6,6	22,1	86,0	290,6	398,8	405,4
Computer: EP-Drucker/MFD	89,1	25,5	38,4	130,4	194,3	283,4
Computer: Flatbed Scanner	7,3	26,8	73,4	249,1	349,2	356,5
Computer Summe	8.664,2	1.174,4	197,9	1.180,2	2.552,5	11.216,7
Mobiles: Mobiltelefone	215,5	0,0	106,7	0,0	106,7	322,1
Mobiles: PDA	6,2	0,0	2,0	0,0	2,0	8,2
Mobiles: Gameports	6,4	0,0	4,1	0,0	4,1	10,5
Mobiles: DigiCam	83,8	0,0	27,1	0,0	27,1	110,9
Mobiles: Camcorder	20,4	0,0	6,6	0,0	6,6	26,9
Mobiles Summe	332,2	0,0	146,4	0,0	146,4	478,7
Television: TV S (19" -26")	5.328,2	0,0	913,4	0,0	913,4	6.241,6
Television: TV M (27" - 39")	3.235,0	0,0	326,2	0,0	326,2	3.561,2
Television: TV L (40" - 49")	761,2	0,0	17,4	0,0	17,4	778,6
Television: TV XL (50"-65")	274,0	0,0	4,3	0,0	4,3	278,4
Television: STB (Analog)	193,2	419,6	3,7	0,0	423,2	616,4
Television: STB (DVB-S)	259,0	562,5	4,9	0,0	567,4	826,5
Television: STB (DVB-C)	92,6	201,0	1,8	0,0	202,7	295,3
Television: STB (DVB-T)	104,8	227,6	2,0	0,0	229,6	334,5
Television: VHS Player/Recorder	254,0	61,0	670,5	0,0	731,4	985,4
Television: DVD/HDD Player/Recorder	132,1	10,6	200,7	0,0	211,3	343,4
Television: Game-Konsolen	1.484,8	0,0	86,6	0,0	86,6	1.571,4
Television Summe	12.118,9	1.482,2	2.231,6	0,0	3.713,7	15.832,6
Audio: Radio/CD/Tape-Recorder	599,2	0,0	659,2	0,0	659,2	1.258,4
Audio: HiFi-Anlagen	687,9	0,0	1.265,6	0,0	1.265,6	1.953,5
Audio Summe	1.287,1	0,0	1.924,8	0,0	1.924,8	3.211,9
Telefon: Schnurlos (DECT)	40,8	938,4	0,0	0,0	938,4	979,2
Telefon: Fax-Gerät	3,9	186,5	0,0	0,0	186,5	190,4
Telefon: Router, etc.	356,2	0,0	0,0	0,0	0,0	356,2
Telefon: WLAN-Router	744,6	0,0	0,0	0,0	0,0	744,6
Telefon Summe	1.145,5	1.124,8	0,0	0,0	1.124,8	2.270,3
Summe Haushalte	23.547,8	3.781,4	4.500,7	1.180,2	9.462,3	33.010,1

7.1.2 IKT-Endgeräte in Unternehmen (inkl. Behörden / öffentliche Verwaltung)

7.1.2.1 Gerätebestand

Für die Ermittlung des heutigen Bestands an IKT-Geräten in Unternehmen liegen erheblich weniger statistische Angaben über Gerätebestände bzw. Ausstattungsdaten vor als für die Haushalte. Für diese Untersuchung konnten jedoch zwei neue Datenquellen erschlossen werden, die zu einer zuverlässigeren Ermittlung des derzeitigen Bestands an IKT-Endgeräten und auch an Servern (vgl. Abschnitt 7.1.3) in Unternehmen in Deutschland beitragen können:

- Zum einen hatten die Auftragnehmer Zugang zur – kostenpflichtigen – Datenbank von TechConsult, in der Bestandsdaten zu Computern und Servern in Unternehmen

auf sehr detaillierter Basis enthalten sind. Diese Daten werden auf der Basis von Unternehmensbefragungen erhoben.

- Ebenfalls auf der Befragung von über 2.100 Unternehmen basieren die in einer aktuellen Studie des Fraunhofer ISI in Kooperation mit der TU München und der GfK in Nürnberg (2008) im Auftrag des BMWi ermittelten Ausstattungsraten für Bürogeräte und Server. Einbezogen in dieser Studie sind Unternehmen aus dem gewerblichen Bereich, dem Handel und dem Dienstleistungssektor, die in 12 Sektoren unterteilt werden. Auf dieser Grundlage ist es möglich, branchenspezifische Ausstattungsraten für IKT-Geräte zu ermitteln, die über die Zahl der Erwerbstätigen in den jeweiligen Branchen nach der WZ-2003 Systematik der Wirtschaftszweige (VGR 2008) zum Gesamtbestand in Deutschland hochgerechnet werden können.

Die auf Basis dieser beiden Datenquellen ermittelten Bestände an IKT-Endgeräten in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2007 sowie Prognosen für die Jahre 2010, 2015 und 2020 sind Tabelle 34 zu entnehmen. Aufgrund der Abgrenzung der genannten Datenquelle von TechConsult bzw. der Hochrechnung der Gerätebestände über nahezu alle Erwerbstätigen in Unternehmen nach der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung⁵⁰ beinhalten diese Abschätzungen den gesamten Gerätebestand in Unternehmen in Deutschland und sind nicht auf den reinen Bürobereich beschränkt. Gleichzeitig umfassen die Zahlen für die Gerätebestände nicht nur private Unternehmen, sondern auch den Bereich Behörden / öffentliche Verwaltung.

Tabelle 34: Bestand an IKT-Endgeräten in Unternehmen bis 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen
	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.
Unternehmen Computer: PC	15.970,0	16.547,0	17.422,0	18.573,0
Unternehmen Computer: LCD Monitor	13.227,6	15.778,0	18.937,0	20.431,0
Unternehmen Computer: CRT Monitor	4.465,0	1.924,0	0,0	0,0
Unternehmen Computer: Notebook	2.774,0	5.772,0	7.575,0	9.287,0
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	6.830,0	5.772,0	4.545,0	3.715,0
Unternehmen Computer: E P-Drucker/MFD	11.014,0	12.233,3	13.176,5	13.666,1
Unternehmen Computer Summe	54.280,6	58.026,3	61.655,5	65.672,1
Unternehmen Telefon	20.809,4	20.809,4	20.809,4	20.809,4
Unternehmen Telefon: Router, etc.	2.135,7	2.357,6	2.652,4	2.964,4
Unternehmen Telefon Summe	22.945,1	23.167,0	23.461,7	23.773,8
Summe Unternehmen	77.225,7	81.193,3	85.117,2	89.445,9

Eine detaillierte Darstellung der für die Ermittlung des Ausgangsbestands an IKT-Endgeräten in Unternehmen im Jahr 2007 verwendeten Datenquellen und der zu

⁵⁰ Nicht berücksichtigt wurden lediglich folgende Wirtschaftsbereiche: WZ A-B (Landwirtschaft, Gartenbau), da angenommen wird, dass ein großer Teil dieser Geräte bei den Haushalten bilanziert ist sowie WZ C (Bergbau) aufgrund minimaler Bedeutung für den Gerätebestand.

Grunde gelegten Annahmen gibt Tabelle 35. Bestandsdaten zu Telefonen waren in den beiden oben genannten Datenquellen nicht enthalten. Deren Bestand wurde daher relativ grob über geschätzte branchenspezifische Ausstattungsraten, die wiederum mit der jeweiligen Zahl der Erwerbstätigen hochgerechnet wurden, abgeschätzt. Die geschätzten Ausstattungsraten mit Telefonen pro Mitarbeiter liegen dabei je nach Branche zwischen 0,2 (Baugewerbe) und 1 (gesamter Dienstleistungssektor). Die Abschätzung des Bestands an Routern erfolgte über die Anzahl der Breitbandanschlüsse.

Tabelle 35: Endgeräte in Unternehmen (Computer, Peripherie und Telefone) – Quellen und Annahmen zum Bestand

Unternehmen Computer: PC	Tech Consult 2008
Unternehmen Computer: Monitore gesamt	Schätzung Fraunhofer ISI. Ann.: Zahl der Monitore = Anzahl der PC + 20 % der Notebooks
Unternehmen Computer: LCD Monitor	Abschätzung Fraunhofer ISI auf Grundlage der in Fraunhofer ISI/IfE-TUM/GfK 2008 ermittelten branchenspezifischen Ausstattungsraten pro Mitarbeiter und der Zahl der Erwerbstätigen nach Branche aus VGR 2008
Unternehmen Computer: CRT Monitor	Monitore gesamt - LCD Monitore
Unternehmen Computer: Notebook	Tech Consult 2008
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	Abschätzung Fraunhofer ISI auf Grundlage der in Fraunhofer ISI/IfE-TUM/GfK 2008 ermittelten branchenspezifischen Ausstattungsraten pro Mitarbeiter und der Zahl der Erwerbstätigen nach Branche aus VGR 2008
Unternehmen Computer: EP-Drucker/MFD	Abschätzung Fraunhofer ISI auf Grundlage der in Fraunhofer ISI/IfE-TUM/GfK 2008 ermittelten branchenspezifischen Ausstattungsraten pro Mitarbeiter und der Zahl der Erwerbstätigen nach Branche aus VGR 2008
Unternehmen Computer Summe	
Unternehmen Telefon	Abschätzung Fraunhofer ISI über geschätzte branchenspezifische Ausstattungsraten pro Mitarbeiter und der Zahl der Erwerbstätigen nach Branche aus VGR 2008
Unternehmen Telefon Router	Abschätzung der Gesamtzahl der Breitbandanschlüsse in Unternehmen: %-Satz der Unternehmen mit DSL und sonst. Breitbandverbindungen nach DeStatis 2007 verknüpft mit Anzahl der Unternehmen nach Angaben aus dem Unternehmensregister des Statistischen Bundesamtes (DeStatis 2008)
Summe Unternehmen	

Die Prognose des Gerätebestands erfolgt wie bei den Haushalten über eine Fortschreibung der für 2007 ermittelten Ausstattungsraten, die mit der erwarteten Zahl der Erwerbstätigen im jeweiligen Jahr verknüpft werden. Diese wird nach den hier getroffenen Annahmen von 38,1 Mio. in 2007 leicht auf rund 37,1 Mio. in 2020 zurückgehen (basierend auf DIW 2008). Der Ausstattungsgrad von Arbeitsplätzen mit Computern wird zunehmen, deswegen wird für die Prognose mit einem Zuwachs der PCs, Note-

books, Monitore und Router gerechnet. Die Ausstattung mit Telefonen ist hingegen schon gesättigt, so dass hier keine Veränderung des Bestandes anzunehmen ist. (Kleine) Inkjet-Drucker werden zunehmend durch (große) Laserdrucker ersetzt. Der Bestand an Inkjet-Druckern sinkt, der Gesamtbestand an Druckern bleibt jedoch annähernd gleich. Analog zu den Haushalten wird auch in Unternehmen von einer Substitution der CRT-Monitore durch LCD-Monitor bis 2015 angenommen.

7.1.2.2 Nutzungsmuster

In Tabelle 36 ist das Nutzungsmuster von IKT-Endgeräten in Unternehmen dargestellt. Eine Veränderung des Nutzungsmusters in Unternehmen mit der Zeit ist nicht anzunehmen, da diese sich weitestgehend an der Arbeitszeit orientieren. Auch zeichnet sich keine Zunahme des Drucks ab. Für Computer und Peripherie wurde von einer 5-Tages-Nutzung bei 48 Wochen (240 d/a) ausgegangen. Bei Telefonen und Routern wurde mit einer Nutzung von 365 d/a gerechnet. Diese werden zwar während der „Ferienzeit“ nicht aktiv genutzt, jedoch auch nicht abgeschaltet, so dass Funktionen wie z.B. Anrufbeantworter weiterhin in Betrieb sind.

Tabelle 36: Nutzungsmuster der IKT-Endgeräte in Unternehmen bis 2020

Produktgruppen	2007 - 2020			
	Nutzung (Haushalt: 365 Tage/Büro: 240 Tage*)			
	An (on/active) h/Tag	Network Standby h/Tag	Standby h/Tag	Schein-Aus h/Tag
Unternehmen Computer: PC	6,2	8,8	0,0	9,0
Unternehmen Computer: LCD Monitor	7,1	10,4	0,0	6,5
Unternehmen Computer: CRT Monitor	7,1	10,4	0,0	6,5
Unternehmen Computer: Notebook	7,2	8,2	0,0	8,6
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	0,3	1,3	10,5	12,0
Unternehmen Computer: EP-Drucker/MFD	0,3	7,7	8,0	8,0
Unternehmen Computer Summe				
Unternehmen Telefon	2,0	22,0	0,0	0,0
Unternehmen Telefon: Router, etc.	24,0	0,0	0,0	0,0
Unternehmen Telefon Summe				
Summe Unternehmen				

Für Computer und Peripherie wurde auf die gute Datenlage aus den EuP-Vorbereitungsstudien Lot 3 und Lot 4 zurückgegriffen. Für Telefone wurden eigene Annahmen gemacht, wobei eine gegenüber den Haushalten deutlich erhöhte Telefondauer angenommen wurde.

Tabelle 37: IKT-Endgeräte in Unternehmen (Computer, Peripherie und Telefone) – Quellen und Annahmen zur Nutzung

Produktgruppe	Nutzungsmuster
	Quellen und Annahmen
Büro Computer: PC	EuP Lot 3, eigene Annahmen, 5-Tage Woche, 4 Wochen Urlaub --> 240 d/a
Büro Computer: Monitore	
Büro Computer: LCD Monitor	EuP Lot 3, eigene Annahmen, 5-Tage Woche, 4 Wochen Urlaub --> 240 d/a
Büro Computer: CRT Monitor	EuP Lot 3, eigene Annahmen, 5-Tage Woche, 4 Wochen Urlaub --> 240 d/a
Büro Computer: Notebook	EuP Lot 3, eigene Annahmen, 5-Tage Woche, 4 Wochen Urlaub --> 240 d/a
Büro Computer: IJ-Drucker / MFD	EuP Lot 4, eigene Annahmen, 5-Tage Woche, 4 Wochen Urlaub --> 240 d/a
Büro Computer: EP-Drucker / MFD	EuP Lot 4, eigene Annahmen, 5-Tage Woche, 4 Wochen Urlaub --> 240 d/a
Büro Computer Summe	
Büro Telefon	eigene Annahmen, 365 d/a
Büro Telefon Router	eigene Annahmen, 365 d/a
Summe Büros	

7.1.2.3 Leistungsaufnahme

Für die Leistungsaufnahme gelten weitestgehend die gleichen Annahmen wie für Haushalte. Bei den Druckern ist jedoch mit einer Ausstattung mit größeren und leistungsfähigeren Produkten auszugehen, daher wurde die Leistungsaufnahme etwas höher veranschlagt. Für die Prognose wird, ebenfalls analog zu den Endgeräten in Haushalten, vor allem eine Verbesserung im Standby angenommen.

7.1.2.4 Gesamt-IKT-Stromverbrauch in Unternehmen

Der aus den beschriebenen Annahmen resultierende Stromverbrauch durch IKT-Endgeräte in den Unternehmen ist in Tabelle 39 zu entnehmen.

Tabelle 39: Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in Unternehmen in Deutschland 2007 bis 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch
	alle Modi	alle Modi	alle Modi	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Unternehmen Computer: PC	3.465,2	3.590,4	3.576,7	3.714,5
Unternehmen Computer: LCD Monitor	754,0	870,6	1.030,1	1.111,4
Unternehmen Computer: CRT Monitor	555,9	241,2	0,0	0,0
Unternehmen Computer: Notebook	192,7	395,1	523,8	658,2
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	138,7	111,0	59,7	22,5
Unternehmen Computer: EP-Drucker/MFD	1.089,1	1.209,6	1.008,8	879,7
Unternehmen Computer Summe	6.195,6	6.417,9	6.199,0	6.386,2
Unternehmen Telefon	546,9	546,9	546,9	546,9
Unternehmen Telefon: Router, etc.	74,8	82,6	92,9	103,9
Unternehmen Telefon Summe	621,7	629,5	639,8	546,9
Summe Unternehmen	6.817,3	7.047,4	6.838,9	6.933,0

7.1.2.5 Stromverbrauch für IKT-Endgeräte in öffentlichen Unternehmen

Der hier betrachtete Sektor der Unternehmen (in der Abgrenzung der WZ2003-Systematik der Wirtschaftszweige, hier definiert durch die WZ-Abschnitte D-O) enthält auch den IKT-bedingten Strombedarf öffentlicher Unternehmen. Dieser ist insofern von besonderer Bedeutung, als in der 2006 in Kraft getretenen EU-Richtlinie 2006/32/EG über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (EDL-RL), die den einzelnen Mitgliedstaaten ein indikatives Energieeinsparziel von 9% des Endenergieenergieverbrauchs für den Zeitraum 2008–2016 vorgibt, dem öffentlichen Sektor in Artikel 5 eine Vorbildfunktion im Hinblick auf die Energieeinsparung und Maßnahmen zu deren Erreichung zugewiesen wird. Eine wesentliche Voraussetzung, damit der öffentliche Sektor dieser Vorbildfunktion gerecht werden kann, ist eine ausreichende Datenlage zur Höhe des gegenwärtigen Energieverbrauchs und seiner erwarteten Entwicklung. Dazu soll auch diese Untersuchung einen Beitrag leisten, indem der IKT-bedingte Stromverbrauch für Endgeräte und Server (siehe Abschnitt 7.1.3.5) separat ausgewiesen ist. Ein Problem der Richtlinie, das bisher noch nicht befriedigend gelöst wurde, ist allerdings die Definition des "öffentlichen Sektors". Nach der WZ-2003 Systematik der Wirtschaftszweige ist der öffentliche Sektor eindeutig zu definieren im Sinne von "WZ75 75 bzw. Abschnitt L: Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung", wobei das Militär nach Artikel 2c nur teilweise von der EDL-RL erfasst wird. Diese enge, jedoch

statistisch eindeutige Definition wird auch in dieser Untersuchung zu Grunde gelegt. Nicht erfasst sind damit allerdings weitere Teilbereiche des öffentlichen Sektors wie öffentliche Schulen, Universitäten, Krankenhäuser etc.

Für die Ermittlung des IKT-bedingten Stromverbrauchs in öffentlichen Unternehmen wurde zunächst der derzeitige Bestand an IKT-Endgeräten über sektorspezifische Ausstattungsraten mit Bürogeräten (basierend auf der oben beschriebenen Befragung zum Energieverbrauch im GHD-Sektor; Fraunhofer ISI et al. 2008) ermittelt, die mit der Zahl der Erwerbstätigen in der öffentlichen Verwaltung (WZ-Abschnitt L; VGR 2008) verknüpft wurden. Die Prognose erfolgte wie für die Unternehmen insgesamt über eine Fortschreibung der Ausstattungsraten und die erwartete Entwicklung der Zahl der Erwerbstätigen in diesem Bereich (nach DIW 2008). Die daraus resultierende Bestandsentwicklung ist Tabelle 40 zu entnehmen. Für die Leistungsaufnahme und die Nutzungszeiten der Geräte wurden die gleichen Annahmen wie für die Unternehmen insgesamt zu Grunde gelegt, so dass sich daraus die ebenfalls in Tabelle 40 dargestellte Entwicklung des Strombedarfs für IKT-Endgeräte im öffentlichen Sektor ergibt.

Tabelle 40: Bestand an IKT-Endgeräten und IKT-bedingter Stromverbrauch in öffentlichen Unternehmen (WZ-Abschnitt L) 2007 bis 2020

Produktgruppe	2007		2010		2015		2020	
	Stückzahlen	Verbrauch	Stückzahlen	Verbrauch	Stückzahlen	Verbrauch	Stückzahlen	Verbrauch
	alle Modi		alle Modi		alle Modi		alle Modi	
	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a
Unternehmen Computer: PC	1.453,2	315,3	1.156,6	251,0	1.143,4	234,7	1.148,4	229,7
Unternehmen Computer: LCD Monitor	1.426,3	81,3	1.102,8	60,8	1.242,8	67,6	1.263,3	68,7
Unternehmen Computer: CRT Monitor	172,2	21,4	134,5	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Unternehmen Computer: Notebook	99,6	6,9	403,5	27,6	497,1	34,4	574,2	40,7
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	374,1	7,6	403,5	7,8	298,3	3,9	229,7	1,4
Unternehmen Computer: EP-Drucker/MFD	705,1	69,7	605,0	59,8	633,7	48,5	631,5	40,6
Unternehmen Computer Summe	4.230,4	502,3	3.805,8	423,9	3.815,2	389,1	3.847,2	381,1
Unternehmen Telefon	2.691,1	70,7	2.691,1	70,7	2.691,1	70,7	2.691,1	70,7
Unternehmen Telefon: Router, etc.	150,7	5,3	164,8	5,8	174,1	6,1	183,3	6,4
Unternehmen Telefon Summe	2.841,8	76,0	2.855,9	76,5	2.865,2	76,8	2.874,4	70,7
Summe Unternehmen	7.072,3	578,3	6.661,8	500,4	6.680,4	466,0	6.721,6	451,9

7.1.3 Server und Rechenzentren

7.1.3.1 Gerätebestand

In Tabelle 41 ist der geschätzte Gerätebestand an Servern von 2007 bis 2020 abgebildet.

Tabelle 41: Gerätebestand der Server und RZ-Infrastruktur bis 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen
	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.
Server: High End (>50k\$)	4,0	7,4	12,7	19,3
Server: Mid-range (25-50k\$)	66,1	74,4	114,6	173,7
Server: Volume XL (10-25k\$)	99,7	122,7	148,5	193,0
Server: Volume L (6-10k\$)	91,4	120,9	180,3	241,2
Server: Volume M (3-6k\$)	837,1	901,8	986,5	1.061,4
Server: Volume S (<3k\$)	588,1	632,2	678,9	723,7
Server Summe	1.686,4	1.859,4	2.121,6	2.412,2
Rechenzentren: Netzwerk				
Rechenzentren: Storage				
Rechenzentren: Infrastruktur				
Infrasstruktur Summe				
Rechenzentren komplett				

Wie in Abschnitt 7.1.2.1 beschrieben, konnte auch der Gesamtbestand an Servern in den Unternehmen im Jahr 2007 aus der Datenbank von TechConsult (2008) entnommen werden. Die Aufteilung des Gesamtbestands auf die verschiedenen Leistungsklassen, die auf das Klassifikationsschema von IDC zurückgehen, beruht auf den Annahmen aus der im Auftrag der EU laufenden Studie "Efficient Servers" (siehe Tabelle 42) [E-Server 2007]. Demnach ist die Anzahl der einzelnen Servereinheiten nicht absolut sondern relativ berechnet. Die verschiedenen Leistungsklassen entsprechen dem Klassifikationssystem von IDC.

Tabelle 42: Server und Rechenzentren – Quellen und Annahmen zum Bestand

Produktgruppe	Bestandszahlen
	Quellen und Annahmen
Server: High End (>50k\$)	TechConsult 2008/ Efficient Server 2007
Server: Mid-range (25-50k\$)	TechConsult 2008/ Efficient Server 2007
Server: Volume XL (10-25k\$)	TechConsult 2008/ Efficient Server 2007
Server: Volume L (6-10k\$)	TechConsult 2008/ Efficient Server 2007
Server: Volume M (3-6k\$)	TechConsult 2008/ Efficient Server 2007
Server: Volume S (<3k\$)	TechConsult 2008/ Efficient Server 2007
Server Summe	
Rechenzentren: Netzwerk	Efficient Server 2007: Netzwerk-Bestände werden nicht absolut bestimmt, sondern der Stromverbrauch prozentual zum Gesamtstromverbrauch der Server berechnet
Rechenzentren: Storage	Efficient Server 2007: Storage-Bestände werden nicht absolut bestimmt, sondern der Stromverbrauch prozentual zum Gesamtstromverbrauch der Server berechnet
Rechenzentren: Infrastruktur	Efficient Server 2007: Infrastruktur-Bestände werden nicht absolut bestimmt, sondern der Stromverbrauch prozentual zum Gesamtstromverbrauch der Server berechnet
Infrasstruktur Summe	
Rechenzentren komplett	Die Anzahl von Rechenzentren in Deutschland wird nicht bestimmt, aber der Stromverbrauch aus dem Gesamtstromverbrauch der Server und dem Overhead für Netzwerk, Storage und Infrastruktur berechnet

Die Entwicklung des Server-Gerätebestandes wird anhand von Zahlen von TechConsult abgeschätzt. Die Verteilung auf die verschiedenen Größenklassen wird in Anlehnung an die Annahmen des E-Server Consortium gemacht. Dabei wachsen vor allem die Gruppen der Midrange- und großen Volume-Server (siehe Tabelle 43).

Tabelle 43: Verteilung der Server-Größenklassen von 2007 bis 2020

	2007	2010	2051	2020
High End (>500k\$)	0,24%	0,40%	0,60%	0,80%
Mid-range (25-500k\$)	3,92%	4,00%	5,40%	7,20%
Volume (10-25 k\$)	5,91%	6,60%	7,00%	8,00%
Volume (6-10 k\$)	5,42%	6,50%	8,50%	10,00%
Volume (3-6 k\$)	49,64%	48,50%	46,50%	44,00%
Volume (<3 k\$)	34,87	34,00%	32,00%	30,00%

7.1.3.2 Nutzungsmuster

Bei Servern und der entsprechenden Rechenzentreninfrastruktur wird von einer dauerhaften Nutzung über das ganze Jahr ausgegangen (24 h/d, 365 d/a).

7.1.3.3 Leistungsaufnahme

Die Leistungsaufnahme der einzelnen Serverklassen beruht auf den Annahmen der im Auftrag der EU laufenden Studie "Efficient Servers" [E-Server 2007]. Die Verbräuche von Netzwerken, Storage und Infrastruktur (u.a. HVAC, USV) wurden nicht absolut sondern anteilig vom Stromverbrauch der Server berechnet. Da von einem dauerhaften Betrieb ausgegangen wird, wird nur die Leistungsaufnahme im aktiven Betrieb betrachtet.

Die Leistungsaufnahme von Netzwerk, Storage und Infrastruktur wird prozentual am Stromverbrauch der Server hochgerechnet. Es liegen die Annahmen zugrunde, dass sich der prozentuale Anteil für Netzwerk und Storage über die Jahre nicht verändert (je 5% des Stromverbrauchs der Server). Für die Infrastruktur (besonders HVAC) wird von einer Effizienzsteigerung ausgegangen, folgende Anteile am Stromverbrauch der Server werden angenommen:

- 2007: 50%
- 2010: 45%
- 2015: 40%
- 2020: 40%

Für die Leistungsaufnahme der Server wird bis 2010 keine Reduzierung angenommen. Für 2015 bzw. 2020 wird mit einer 5 bzw. 10%igen Reduzierung der Leistungsaufnahme gegenüber 2007 pauschal über alle Serverklassen gerechnet.

7.1.3.4 Gesamter Stromverbrauch

Auf Grundlage des Gerätebestands sowie der Annahmen zur Leistungsaufnahme wurde der gesamte Stromverbrauch für Server in Unternehmen in Deutschland berechnet. Der Stromverbrauch von Rechenzentren steigt von 9,1 TWh/a im Jahr 2007 um 35% auf 12,3 TWh/a. Der Anteil des eigentlichen Serververbrauchs steigt dabei von 40% (2007) auf 50% (2020).

Tabelle 45: Stromverbrauch der Server und der RZ-Infrastruktur bis 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch
	alle Modi	alle Modi	alle Modi	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Server: High End (>50k\$)	333,2	612,3	995,6	1.429,8
Server: Mid-range (25-50k\$)	446,5	502,3	735,1	1.055,7
Server: Volume XL (10-25k\$)	358,8	441,8	508,0	625,3
Server: Volume L (6-10k\$)	173,0	228,7	324,2	410,8
Server: Volume M (3-6k\$)	1.466,7	1.580,0	1.642,0	1.673,6
Server: Volume S (<3k\$)	870,6	935,9	954,8	964,2
Server Summe	3.648,7	4.301,1	5.159,6	6.159,4
Rechenzentren: Netzwerk	456,1	477,9	516,0	615,9
Rechenzentren: Storage	456,1	477,9	516,0	615,9
Rechenzentren: Infrastruktur	4.560,9	4.301,1	4.127,7	4.927,5
Infrastruktur Summe	5.473,1	5.256,9	5.159,6	6.159,4
Rechenzentren komplett	9.121,8	9.558,1	10.319,1	12.318,8

7.1.3.5 Stromverbrauch für Server und RZ in öffentlichen Unternehmen

Auch für den Bereich Server und Rechenzentren wurde der IKT-bedingte Stromverbrauch im öffentlichen Sektor (definiert als WZ-Abschnitt L) separat berechnet (zur Begründung siehe Abschnitt 7.1.2.5). Der Serverbestand im Jahr 2007 wurde dabei relativ grob über den Anteil des öffentlichen Sektors an allen Erwerbstätigen in den Unternehmen abgeschätzt. Für die Bestandsprognose sowie die Leistungsaufnahme und den Energieverbrauch der RZ-Infrastruktur wurden dann die gleichen Annahmen wie für die Unternehmen insgesamt zu Grunde gelegt, so dass sich daraus die in Tabelle 46 dargestellte Entwicklung ergibt.

Tabelle 46: Bestand und Stromverbrauch von Servern und RZ-Infrastruktur in öffentlichen Unternehmen (WZ-Abschnitt L) 2007 – 2020

Produktgruppe	2007		2010		2015		2020	
	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi
	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a
Server: High End (>50k\$)	0,3	23,5	0,5	42,8	0,8	65,2	1,2	88,4
Server: Mid-range (25-50k\$)	4,7	31,5	5,2	35,1	7,5	48,2	10,7	65,3
Server: Volume XL (10-25k\$)	7,0	25,3	8,6	30,9	9,7	33,3	11,9	38,7
Server: Volume L (6-10k\$)	6,4	12,2	8,5	16,0	11,8	21,2	14,9	25,4
Server: Volume M (3-6k\$)	59,1	103,5	63,1	110,5	64,6	107,6	65,6	103,5
Server: Volume S (<3k\$)	41,5	61,4	44,2	65,4	44,5	62,6	44,8	59,6
Server Summe	119,0	257,5	130,0	300,7	139,0	338,0	149,2	381,0
Rechenzentren: Netzwerk		32,2		33,4		33,8		38,1
Rechenzentren: Storage		32,2		33,4		33,8		38,1
Rechenzentren: Infrastruktur		321,8		300,7		270,4		304,8
Infrastruktur Summe		386,2		367,5		338,0		381,0
Rechenzentren komplett		643,7		668,2		676,1		761,9

7.1.4 Netzzugang und Kernnetz

Neben den IKT-Endgeräten verbraucht auch das Betreiben der Netzzugänge zu Telefon- und Internetnetzen sowie das der Kernnetze selbst Strom. Die für den Netzbetrieb nötigen Server und Rechenzentren werden hierbei jedoch nicht betrachtet, sondern sind im vorangegangenen Kapitel 7.1.3 mit enthalten. Nachfolgend sind die reinen Netzwerkkomponenten betrachtet, wobei zwischen Festnetz und Mobilfunk unterschieden wird.

7.1.4.1 Bestand

7.1.4.1.1 Mobilfunk

Die folgende Tabelle 47 stellt die Prognose für die Netzwerkkomponenten im Bereich des Mobilfunks in Deutschland bis 2020 dar.

Tabelle 47: Gerätebestand der Netzwerkkomponenten im Bereich Mobilfunk bis 2020

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen	Stückzahlen
	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.	in 1000 Stk.
Mobilfunk: BTS (GSM/EDGE)	85,0	85,0	85,0	85,0
Mobilfunk: MSC (GSM/EDGE)	0,35	0,35	0,35	0,35
Mobilfunk: NodeB (UMTS/HS-DPA)	50,0	57,9	73,9	94,3
Mobilfunk: RNC (UMTS/HS-DPA)	0,21	0,24	0,31	0,39
Mobilfunk: TETRA (BOS Anwendung)				
Mobilfunk: WLAN Hotspots	13,0	14,3	27,9	44,9
Mobilfunk Summe	148,6	157,8	187,4	224,9

Die Erfassung des Gerätebestandes für den Bereich Netzzugang und Kernnetz stellt aufgrund des Fehlens etablierter Strukturmodelle und Statistiken ein Problem dar. Für die Bestandsaufnahme wurde anhand existierender Netzformen und Übertragungstechniken (Standards) eine eigene Struktur konzipiert. Abbildung 47 verdeutlicht diesen Ansatz. Die Darstellung zeigt einzelne Netzwerkebenen, die sich sowohl regional hierarchisch (Orts- und Regionalnetze sowie globale Fernnetze) als auch nach Betreibern (Telekom- und Internetnetzbetreiber) ordnen lassen. Zudem lassen sich die „Last Mile“ oder Netzzugangstechnologien in drahtgebunden und drahtlos unterscheiden. Der Gerätebestand umfasst allgemein Netzübergangsschnittstellen und Vermittlungsknoten (Gateways, Router und Switches), Signalverstärker und Sende/Empfangseinheiten (Repeater, Basisstationen, Antennen) sowie Richtfunk (Funktürme und Satellitenlinks). Die Mehrzahl dieser funktionalen Kommunikationskomponenten sind Recheneinheiten, die in 19-Zoll-Schränken (Racks) stecken und Server untergebracht.

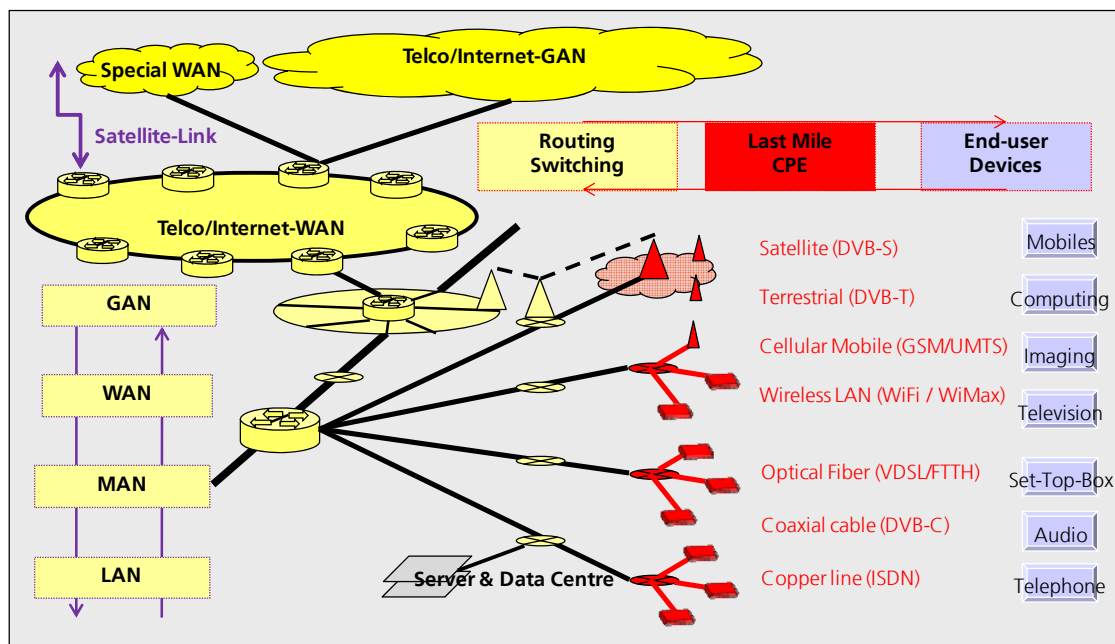


Abbildung 47: Heterogene Netzwerkstruktur mit Komponenten

Aufgrund fehlender Daten werden zunächst Elemente des zellularen Mobilfunks der zweiten und dritten Generation erfasst. Hierzu gehören Basisstationen (BTS/NodeB) und Vermittlungsstellen (MSC/RNC) von GSM/EDGE (2G) und UMTS/HSDPA (3G).

Die Anzahl der Mobilfunkanlagen wurden auf Basis von Angaben der Bundesnetzagentur, Unternehmenszahlen und Pressemitteilungen errechnet. Diese Angaben wurden im Verlauf des Projektes mit Informationen der entsprechenden Mobilfunkbetreiber verglichen. Die Bundesnetzagentur verzeichnete im Dezember 2007 bundesweit 78.635 Funkanlagenstandorte (siehe Tabelle 48), wovon 62.843 Standorte mit Mobilfunk und 15.792 Standorte ohne Mobilfunk waren.⁵¹ Anhand von prozentualen Angaben zur Standortnutzung⁵² wurde die reale Anzahl der Mobilfunkanlagen oder besser Basisstationen errechnet (siehe Tabelle 49).

51 Bundesnetzagentur:
http://www.bundesnetzagentur.de/enid/994e671563163e13549e93122500bbea,0/Elektromagnetische_Felder_EMF/_Statistik_3iv.html

52 Bundesnetzagentur: Standortmitnutzung
<http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/12719.pdf>

Tabelle 48: Funkanlagenstandort bundesweit im Dezember 2007 (nach Bundesnetzagentur)

Bundesland	Anzahl der Standorte mit Mobilfunk*	Anzahl der Standorte ohne Mobilfunk	Standorte insgesamt
Brandenburg	2.431	695	3.126
Berlin	2.823	422	3.245
Baden-Württemberg	7.598	2.093	9.691
Bayern	9.686	2.338	12.024
Bremen	412	128	540
Hessen	4.449	1.446	5.895
Hamburg	1.305	253	1.558
Mecklenburg-Vorpommern	1.798	547	2.345
Niedersachsen	5.522	1.500	7.022
Nordrhein-Westfalen	12.855	2.159	15.014
Rheinland-Pfalz	3.025	881	3.906
Schleswig-Holstein	1.946	526	2.472
Saarland	744	180	924
Sachsen	3.934	1.196	5.130
Sachsen-Anhalt	2.217	610	2.827
Thüringen	2.098	818	2.916
Summe	62.843	15.792	78.635

*Mobilfunk umfasst hier nur die kommerziellen GSM900/1800 und UMTS-Netze. An Standorten mit Mobilfunk können auch weitere Funkssysteme vorhanden sein, die nicht zu den kommerziellen Mobilfunknetzen gehören.

Tabelle 49: Kalkulation der Anzahl an Mobilfunkanlagen

Anzahl Anlagen	Anteil %	Standorte	Anzahl BTS
1	44	27.651	27.651
2	31	19.481	38.963
3	11	6.913	20.738
4	7	4.399	17.596
5	3	1.885	9.426
6	2	1.257	7.541
10	2	1.257	12.569
Gesamt:	100	62.843	134.484

Um nun eine genauere Verteilung bezüglich einzelner Technologien zu erhalten, wurden Unternehmensdaten bzw. Marktanteile der vier in Deutschland operierenden Mo-

bilfunkbetreiber ausgewertet. Eine erste Hochrechnung der Gesamtbestände einzelner Betreiber basierte auf einer Pressemitteilung in der PC Welt von 19.10.2007.⁵³ Folgende Tabelle 50 zeigt die Kalkulation im Detail. Diese grobe Verteilung wurde auf Basis von verfügbaren Unternehmensdaten gerundet. Aus Jahresberichten von E-Plus und O2 wurden Referenzzahlen zum Vergleich herangezogen. Die Verteilung hinsichtlich des Bestands an Basisstationen (BTS) der zweiten Generation (GSM) bzw. dritten Generation (UMTS) wurde ebenfalls nach prozentualen Angaben geschätzt.

Tabelle 50: Kalkulation der BTS-Bestände nach Betreibern

Netzbetreiber	Gerätegruppe	Firmendaten 2006	Firmendaten 2007	Marktanteil	Errechnet 2007	Gerundet 2007
T-Mobile	BTS GSM					30.000
T-Mobile	BTS UMTS					20.000
T-Mobile	BTS Gesamt			38%	51.300	50.000
Vodafone	BTS GSM					25.000
Vodafone	BTS UMTS					20.000
Vodafone	BTS Gesamt			34%	45.900	45.000
E-Plus	BTS GSM		17.055			17.000
E-Plus	BTS UMTS		5.688			6.000
E-Plus	BTS Gesamt		22.743	16%	21.600	23.000
O2	BTS GSM					13.000
O2	BTS UMTS					4.000
O2	BTS Gesamt	15.079	16.988	12%	16.200	17.000
Deutschland	BTS GSM					85.000
Deutschland	BTS UMTS					50.000
Deutschland	BTS Gesamt				134.484	135.000

Die Anzahl an Vermittlungsstellen der zweiten Generation (GSM/MSC) und dritten Generation (UMTS/RNC) entstammt älteren Angaben aus dem NIK Roadmap Projekt, wonach 240 Basisstationen auf eine Vermittlungsstelle kommen. Entsprechend wurden für GSM 3.500 Main Switch Controls (MSC) und für UMTS 2.100 Radio Network Controls (RNC) kalkuliert.

Der Prognose liegt die Annahme zugrunde, dass Hotspots sich besonders im städtischen Räumen sehr stark verbreiten werden. Es wird von einem 10%igen Wachstum pro Jahr ausgegangen. Der Mobilfunknetze hingegen sind in Deutschland schon sehr gut ausgebaut. Jedoch werden die UMTS-Basisstationen wahrscheinlich noch zunehmen (Annahme: 5%/a).

⁵³ PC Welt: *T-Mobile nimmt Vodafone Marktanteile ab*, Pressemitteilung vom 19.07.2007, online: <http://www.pcwelt.de/97164>

7.1.4.2 Nutzungsmuster

Die Netzwerk-Komponenten für Telekommunikation und Broadcasting sind dauerhaft über das ganze Jahr (24 h/d, 365 d/a) in Betrieb.

7.1.4.3 Leistungsaufnahme

7.1.4.3.1 Mobilfunk

Die folgende Tabelle 51 stellt die aktuelle sowie bis 2020 prognostizierte Leistungsaufnahme der Netzwerkkomponenten des Mobilfunks dar. Da die Netzwerkkomponenten durchgehend in Betrieb sind, wird ausschließlich die Leistungsaufnahme im active-Mode betrachtet.

Die Annahmen zur Leistungsaufnahme sind stark gerundete Schätzungen. Art, Größe und Standort der Basisstation wirken sich auf den Stromverbrauch aus. Angaben zur Leistungsaufnahme variieren von 1.200 bis über 4.000 W. Für die Bestandsaufnahme wurden 2 kW gewählt, welche die Standortinfrastruktur mit beinhaltet. Die Leistungsaufnahme von WLAN-Routern (Hotspots) stammt aus der Stellungnahme des Fraunhofer HHI zum ersten Experten-Workshop „Energiebedarf der IKT“. Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei diesen Geräten um WLAN-Router mit deutlich größerer Reichweite als bei Haushaltsendgeräten handelt. Daher wird auch eine höhere Leistungsaufnahme angenommen. Es wird jedoch keine Reduzierung der Leistungsaufnahme prognostiziert, da die Leistung und Reichweite der Geräte in den nächsten Jahren noch steigen wird, so dass Effizienzgewinne kompensiert werden.

Es ist davon auszugehen, dass die Mobilfunk-Basisstationen inkl. ihrer internen Infrastruktur (HVAC) effizienter werden. Deshalb wird mit einer über den Zeitverlauf reduzierten Leistungsaufnahme gerechnet. Der Anteil an interner Infrastruktur wird wie folgt veranschlagt:

- 2007: 50%
- 2010: 45%
- 2015: 45%
- 2020: 40%

Zudem wird für 2010, 2015 und 2020 eine Reduzierung der Leistungsaufnahme gegenüber 2007 um 5%, 10% und 15% angenommen.

7.1.4.4 Gesamter Stromverbrauch

7.1.4.4.1 Mobilfunk

Der von der Mobilfunkinfrastruktur verursachte Stromverbrauch beträgt 2007 3,1 TWh/a und steigt bis 2020 um 3,5% auf 3,2 TWh/a. Der Stromverbrauch wird dabei ganz klar von den Basisstationen dominiert. Hotspots machen weniger als 0,1% aus.

Tabelle 52: Stromverbrauch der Netzwerkkomponenten im Bereich Mobilfunk

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch
	alle Modi	alle Modi	alle Modi	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Mobilfunk: BTS (GSM/EDGE)	1.489,2	1.286,1	1.218,4	1.054,9
Mobilfunk: MSC (GSM/EDGE)	465,38	465,38	465,38	465,4
Mobilfunk: NodeB (UMTS/HSDPA)	876,0	875,8	1.058,9	1.170,0
Mobilfunk: RNC (UMTS/HSDPA)	273,75	316,90	404,45	516,2
Mobilfunk: TETRA (BOS Anwendung)				
Mobilfunk: WLAN Hotspots	2,3	2,5	4,9	7,9
Mobilfunk Summe	3.106,6	2.946,7	3.152,1	3.214,3

7.1.4.4.2 Festnetz

Für den Bereich des Festnetzes war aufgrund der eingeschränkten Datenlage keine Bestimmung des Strombedarfs über Bestandswerte und spezifische Stromverbräuche möglich. Daher haben wir für das Basisjahr 2007 pauschal einen durchgängigen Stromverbrauch von 10 Wh pro Haushaltsversorgung angenommen. Daraus ergibt sich ein Stromverbrauch von rund 3,3 TWh für das Festnetz in Deutschland. Diese Annahme und die entsprechende Größenordnung des Festnetzverbrauches wurden von der Industrie bestätigt. Eine genaue Modellierung des Festnetzverbrauches steht noch aus.

7.2 Green IT-Szenario für 2010, 2015 und 2020

7.2.1 IKT-Endgeräte in Haushalten

7.2.1.1 Gerätebestand

Der Gerätebestand für das Green IT-Szenario unterscheidet sich nicht von dem der Basisprognose (siehe Kapitel 7.1).

7.2.1.2 Nutzungsmuster

Auch die Annahmen für das Nutzungsmuster des Green IT-Szenarios entsprechen denen für das Basisszenario.

7.2.1.3 Leistungsaufnahme

Für die Leistungsaufnahme des Green IT-Szenarios wird eine schnellere Verbesserung der Energieeffizienz der Geräte und Anwendungen im Vergleich zum Basisszenario angenommen. Für die meisten Geräte wird der Standby- bzw. Scheinaus-Verbrauch auf 0,5 W gesenkt. Für die PCs wird im Gegensatz zum Basisszenario keine Steigerung der Leistungsaufnahme angenommen. Für Fernsehgeräte wird für die Jahre

2010, 2015 und 2020 eine Reduzierung des Stromverbrauchs im Active-Mode um 10%, 20% und 30% gegenüber 2007 veranschlagt (Tabelle 53).

7.2.1.4 Gesamter IKT-Stromverbrauch von privaten Haushalten

Tabelle 54 zeigt den aus den oben beschriebenen Annahmen resultierenden Stromverbrauch für einzelne IKT-Endgeräte in privaten Haushalten im Green IT-Szenario. Anders als im Basisszenario steigt dieser im Green IT-Szenario nur geringfügig um 1,8% von 33,0 TWh/a auf 33,6 TWh/a.

Tabelle 54: Gesamter Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in privaten Haushalten – Green IT-Szenario

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch alle Modi	Verbrauch alle Modi	Verbrauch alle Modi	Verbrauch alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Computer: P C	6.141,6	6.466,6	7.171,6	7.173,5
Computer: Home Server	834,4	1.296,5	2.317,0	2.946,3
Computer: LCD Monitor	809,7	1.332,2	1.562,6	1.354,4
Computer: C R T Monitor	1.705,5	453,8	0,0	0,0
Computer: Notebook	680,0	746,6	1.124,1	1.409,3
Computer: I J -Drucker/MF D	405,4	312,2	200,1	108,8
Computer: E P -Drucker/MF D	283,4	332,0	286,0	240,2
Computer: Flatbed Scanner	356,5	277,8	145,5	66,0
Computer Summe	11.216,7	11.217,7	12.807,0	13.298,6
Mobiles: Mobiltelefone	322,1	379,8	385,0	366,8
Mobiles: P D A	8,2	3,6	0,0	0,0
Mobiles: Gameports	10,5	10,6	9,3	8,0
Mobiles: DigiCam	110,9	143,9	150,6	146,9
Mobiles: Camcorder	26,9	45,0	58,6	61,8
Mobiles Summe	478,7	582,9	603,6	583,6
Television: TV S (19" -26")	6.241,6	5.524,2	3.570,5	2.380,5
Television: TV M (27"- 39")	3.561,2	4.753,6	5.660,5	5.361,7
Television: TV L (40"- 49")	778,6	1.423,6	2.033,2	2.649,5
Television: TV XL (50"-65")	278,4	436,4	528,4	591,1
Television: S T B (Analog)	616,4	159,0	0,0	0,0
Television: S T B (DVB-S)	826,5	901,0	1.076,9	945,9
Television: S T B (DVB-C)	295,3	302,8	1.538,4	1.351,2
Television: S T B (DVB-T)	334,5	454,3	461,5	405,4
Television: VHS P layer/Recorder	985,4	355,0	143,8	0,0
Television: DVD/HDD P layer/Recorder	343,4	423,8	515,2	405,9
Television: Game-Konsolen	1.571,4	1.561,7	1.457,5	1.351,1
Television Summe	15.832,6	16.295,5	16.986,0	15.442,2
Audio: Radio/CD/Tape-Recorder	1.258,4	1.270,6	950,0	792,1
Audio: HiFi-Anlagen	1.953,5	1.546,5	1.135,1	931,9
Audio Summe	3.211,9	2.817,1	2.085,1	1.724,0
Telefon: S chnurlos (DECT)	979,2	990,8	982,3	974,1
Telefon: Fax-Gerät	190,4	128,6	86,8	88,0
Telefon: Router, etc.	356,2	440,2	453,4	405,9
Telefon: WLAN Router	744,6	937,4	1.076,3	1.082,3
Telefon Summe	2.270,3	2.497,0	2.598,9	2.550,3
Summe Haushalte	33.010,1	33.410,2	35.080,5	33.598,7

7.2.2 IKT-Endgeräte in Unternehmen

7.2.2.1 Gerätebestand

Der Gerätebestand für das Green IT-Szenario unterscheidet sich nicht von dem der Basisprognose (siehe Kapitel 7.1.2.1).

7.2.2.2 Nutzungsmuster

Auch das Nutzungsmuster des Green IT-Szenarios unterscheidet sich nicht vom Nutzungsmuster des Basisszenarios.

7.2.2.3 Leistungsaufnahme

Für das Green IT-Szenario wird angenommen, dass die Leistungsaufnahme für Computer im Active-Mode nicht zunimmt sondern, sondern sogar leicht absinkt. Die Leistungsaufnahmen im Standby sinken schneller und stärker als im Basisszenario. Die genauen Annahmen sind in Tabelle 55 zusammengefasst.

7.2.2.4 Gesamter IKT-Stromverbrauch in Unternehmen

Die aus diesen Annahmen resultierende Entwicklung des gesamten Strombedarfs für IKT-Endgeräte in Unternehmen im Green IT-Szenario zeigt Tabelle 56. Durch die angenommenen Effizienzsteigerungen sinkt der Stromverbrauch trotz eines Anwachsens des Gerätebestandes um knapp 14% auf 5,9 TWh/a in 2020. Die entsprechende Entwicklung im öffentlichen Sektor ist Tabelle 58 zu entnehmen.

Tabelle 56: Gesamter Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in Unternehmen in Deutschland – Green IT-Szenario

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch
	alle Modi	alle Modi	alle Modi	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Unternehmen Computer: PC	3.465,2	3.491,9	3.140,1	3.051,2
Unternehmen Computer: LCD Monitor	754,0	870,6	868,8	763,2
Unternehmen Computer: CRT Monitor	555,9	241,2	0,0	0,0
Unternehmen Computer: Notebook	192,7	380,1	484,5	577,9
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	138,7	111,0	57,0	22,5
Unternehmen Computer: EP-Drucker/MFD	1.089,1	1.209,6	911,4	829,1
Unternehmen Computer Summe	6.195,6	6.304,4	5.461,8	5.244,0
Unternehmen Telefon	546,9	546,9	546,9	546,9
Unternehmen Telefon: Router, etc.	74,8	0,0	81,3	77,9
Unternehmen Telefon Summe	621,7	546,9	628,2	624,8
Summe Unternehmen	6.817,3	6.851,3	6.090,0	5.868,8

Tabelle 57: Gesamter Stromverbrauch von IKT-Endgeräten in öffentlichen Unternehmen (WZ-Abschnitt L) in Deutschland – Green IT-Szenario

Eco-Szenario Produktgruppe	2007		2010		2015		2020	
	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen	Verbrauch alle Modi
	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a
Unternehmen Computer: PC	1.453,2	315,3	1.156,6	244,1	1.143,4	206,1	1.148,4	188,7
Unternehmen Computer: LCD Monitor	1.426,3	81,3	1.102,8	60,8	1.242,8	57,0	1.263,3	47,2
Unternehmen Computer: CRT Monitor	172,2	21,4	134,5	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Unternehmen Computer: Notebook	99,6	6,9	403,5	26,6	497,1	31,8	574,2	35,7
Unternehmen Computer: IJ-Drucker/MFD	374,1	7,6	403,5	7,8	298,3	3,7	229,7	1,4
Unternehmen Computer: EP-Drucker/MFD	705,1	69,7	605,0	59,8	633,7	43,8	631,5	38,3
Unternehmen Computer Summe	4.230,4	502,3	3.805,8	415,9	3.815,2	342,5	3.847,2	311,3
Unternehmen Telefon	2.691,1	70,7	2.691,1	70,7	2.691,1	70,7	2.691,1	70,7
Unternehmen Telefon: Router, etc.	150,7	5,3	164,8	0,0	174,1	5,3	183,3	4,8
Unternehmen Telefon Summe	2.841,8	76,0	2.855,9	70,7	2.865,2	76,1	2.874,4	75,5
Summe Unternehmen	7.072,3	578,3	6.661,8	486,7	6.680,4	418,5	6.721,6	386,8

7.2.3 Server und Rechenzentren

7.2.3.1 Gerätebestand

Der Gerätebestand für das Green IT-Szenario unterscheidet sich nicht von dem der Basisprognose (siehe Kapitel 7.1.3.1).

7.2.3.2 Nutzungsmuster

Für die Berechnung des Stromverbrauchs der Server und Rechenzentren wird wie im Basisszenario von einer dauerhaften Nutzung über das ganze Jahr ausgegangen (24 h/d, 365 d/a).

7.2.3.3 Leistungsaufnahme

Für die Leistungsaufnahme der Server wird bis 2010 eine Reduzierung um 5% angenommen. Für 2015 bzw. 2020 wird mit einer 10 bzw. 15%igen Reduzierung der Leistungsaufnahme gegenüber 2007 pauschal über alle Serverklassen gerechnet (Tabelle 58).

Die Leistungsaufnahme von Netzwerk, Storage und Infrastruktur wird prozentual am Stromverbrauch der Server hochgerechnet. Wie im Basisszenario ändern sich die prozentualen Anteil für Netzwerk und Storage über die Jahre nicht (je 5% des Stromverbrauchs der Server). Für die Infrastruktur (besonders HVAC) wird von zwar von einer Effizienzsteigerung ausgegangen, jedoch prozentual nicht stärker als im Basisszenario. Folgende Anteile am Stromverbrauch der Server werden angenommen:

- 2007: 50%
- 2010: 45%
- 2015: 40%
- 2020: 40%

Durch die Effizienzsteigerungen der Server und der relativen Berechnung des Stromverbrauchs von HVAC, Netzwerk und Storage sinken diese Verbräuche auch.

7.2.3.4 Gesamter Stromverbrauch

Tabelle 59 zeigt die daraus resultierende Entwicklung des gesamten Strombedarfs für Server und RZ-Infrastruktur bis 2020 im Green IT-Szenario. Die analoge Entwicklung für öffentliche Unternehmen ist Tabelle 60 zu entnehmen.

Tabelle 59: Gesamter Stromverbrauch von Servern und Rechenzentren in Deutschland – Green IT-Szenario

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch alle Modi	Verbrauch alle Modi	Verbrauch alle Modi	Verbrauch alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Server: High End (>50k\$)	333,2	581,7	943,2	1.350,4
Server: Mid-range (25-50k\$)	446,5	477,2	696,4	997,1
Server: Volume XL (10-25k\$)	358,8	419,8	481,2	590,6
Server: Volume L (6-10k\$)	173,0	217,3	307,1	388,0
Server: Volume M (3-6k\$)	1.466,7	1.501,0	1.555,6	1.580,6
Server: Volume S (<3k\$)	870,6	889,1	904,6	910,6
Server Summe	3.648,7	4.086,1	4.888,0	5.817,2
Rechenzentren: Netzwerk	456,1	454,0	488,8	528,8
Rechenzentren: Storage	456,1	454,0	488,8	528,8
Rechenzentren: Infrastruktur	4.560,9	4.086,1	3.910,4	3.701,9
Infrastruktur Summe	5.473,1	4.994,1	4.888,0	4.759,5
Rechenzentren komplett	9.121,8	9.080,2	9.776,0	10.576,7

Tabelle 60: Bestand und Stromverbrauch von Servern und RZ-Infrastruktur in öffentlichen Unternehmen in Deutschland – Green IT-Szenario

Eco-Szenario Produktgruppe	2007		2010		2015		2020		
	Stückzahlen alle Modi	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen alle Modi	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen alle Modi	Verbrauch alle Modi	Stückzahlen alle Modi	Verbrauch alle Modi	
	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	in 1000 Stk.	in GWh/a	
Server: High End (>50k\$)	0,3	23,5	0,5	40,7	0,8	61,8	1,2	83,5	
Server: Mid-range (25-50k\$)	4,7	31,5	5,2	33,4	7,5	45,6	10,7	61,7	
Server: Volume XL (10-25k\$)	7,0	25,3	8,6	29,3	9,7	31,5	11,9	36,5	
Server: Volume L (6-10k\$)	6,4	12,2	8,5	15,2	11,8	20,1	14,9	24,0	
Server: Volume M (3-6k\$)	59,1	103,5	63,1	104,9	64,6	101,9	65,6	97,8	
Server: Volume S (<3k\$)	41,5	61,4	44,2	62,2	44,5	59,3	44,8	56,3	
Server Summe	119,0	257,5	130,0	285,7	139,0	320,3	149,2	359,8	
Rechenzentren: Netzwerk		32,2		31,7		0,1	32,0	0,1	32,7
Rechenzentren: Storage		32,2		31,7		0,1	32,0	0,1	32,7
Rechenzentren: Infrastruktur		321,8		285,7		0,4	256,2	0,4	229,0
Infrastruktur Summe		386,2		349,2		0,5	320,3	0,5	294,4
Rechenzentren komplett		643,7		634,8		139,5	640,5	149,7	654,2

7.2.4 Netzzugang und Kernnetz

7.2.4.1 Gerätebestand

Der Gerätebestand für das Green IT-Szenario unterscheidet sich nicht von dem des Basisszenarios (siehe Kapitel 7.1.4.1).

7.2.4.2 Nutzungsmuster

Im Green IT-Szenario wird analog zum Basisszenario eine dauerhafte Nutzung über das ganze Jahr (24 h/d, 365 d/a) für die Netzwerkkomponenten des Mobilfunks und des Festnetzes angenommen.

7.2.4.3 Leistungsaufnahme

Im Green IT-Szenario wird eine stärkere Effizienzsteigerung angenommen. Der Anteil an interner Infrastruktur (wie z.B. HVAC) wird wie folgt veranschlagt:

- 2007: 50%
- 2010: 40%
- 2015: 30%
- 2020: 30%

Zudem wird für 2010, 2015 und 2020 eine Reduzierung der Leistungsaufnahme gegenüber 2007 um 10%, 20% und 30% angenommen. Die aus diesen Annahmen resultierenden Leistungsaufnahmen sind in Tabelle 61 dargestellt.

7.2.4.4 Gesamter Stromverbrauch

Tabelle 62 zeigt die erwartete Entwicklung des Stromverbrauchs im Bereich Mobilfunk und Festnetz im Green IT-Szenario.

Tabelle 62: Gesamter Stromverbrauch von Netzwerkkomponenten im Bereich Mobilfunk und Festnetz – Green IT-Szenario

Produktgruppe	2007	2010	2015	2020
	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch	Verbrauch
	alle Modi	alle Modi	alle Modi	alle Modi
	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Mobilfunk: BTS (GSM/EDGE)	1.489,2	1.116,9	851,0	744,6
Mobilfunk: MSC (GSM/EDGE)	465,4	465,4	465,4	465,4
Mobilfunk: NodeB (UMTS/HS-DPA)	876,0	760,6	739,6	825,9
Mobilfunk: RNC (UMTS/HS-DPA)	273,8	316,9	404,5	516,2
Mobilfunk: TETRA (BOS Anwendung)	0,0		0,0	0,0
Mobilfunk: WLAN Hotspots	2,3	3,0	4,9	7,9
Mobilfunk Summe	3.106,6	2.662,8	2.465,3	2.559,9
Festnetz: ISDN/DSL Verteiler				
Festnetz: Ortsvermittlung				
Festnetz: Backbone Router/Switches				
Festnetz: Richtfunk				
Kabel TV: Splitter, Router				
Rundfunk: Funktürme (DVB-T)				
Satelliten: Up-Link (DVB-S)				
Festnetz Summe	3.328,8	3.328,8	3.328,8	3.328,8