



Centre for Energy Policy and Economics
Swiss Federal Institutes of Technology



Fraunhofer Institut
Systemtechnik und
Innovationsforschung

Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen

Projektnummer 28/01

**Kurzfassung des Abschlussberichts an das
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit**

Clemens Cremer
Wolfgang Eichhammer
Michael Friedewald
Peter Georgieff
Stefan Rieth-Hoerst
Barbara Schlomann
Peter Zoche
Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)

Bernard Aebischer
Alois Huser
Centre for Energy Policy and Economics (CEPE)

Karlsruhe/Zürich, Januar 2003

Projektleitung:

Dipl.-Volksw. Barbara Schlomann
Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)
Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe
Tel.: 0721 / 6809-136, Fax: 6809-272
E-Mail: barbara.schlomann@isi.fhg.de

In Zusammenarbeit mit:

Dr. Bernard Aebischer
Centre for Energy Policy and Economics (CEPE)
ETZ Zentrum, WEC, 8092 Zürich
Tel.: 0041 / 1/ 632 41 95
E-Mail: bernard.aebischer@cepe.mavt.ethz.ch

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Problemstellung, Zielsetzung und methodisches Vorgehen.....	1
2 Bestand und Energiebedarf moderner Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland bis 2010	7
2.1 Endgeräte in privaten Haushalten.....	7
2.2 Endgeräte in Büros.....	12
2.3 Gebäudeinterne Infrastruktur.....	15
2.4 Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen.....	21
2.5 Vernetztes Haus	22
2.6 Zusammenfassende Übersicht	25
3 Optionen und Potenziale zur Energieeinsparung bei IuK- Technologien.....	29
4 Entwicklung eines Frühwarnsystems für den Energiebedarf der Informations- und Kommunikationstechnik	33
5 Energiepolitische Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz von IuK-Geräten.....	39
6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	47
7 Literatur.....	51
Anhang 1: Ergebnisse des Berechnungsmodells	61

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1-1: Modell zur Ermittlung des Strombedarfs von IuK-Geräten und der zugehörigen Infrastruktur	3
Abbildung 1-2: In dieser Untersuchung verwendete Definition der Betriebszustände bei IuK-Geräten	4
Abbildung 2-1: Ausstattungsgrade (in %) mit IuK-Endgeräten im Bürobereich in Deutschland im Jahr 1999	13
Abbildung 2-2: Entwicklung der Zahl breitbandiger Internetanschlüsse in Deutschland bis 2010	16
Abbildung 2-3: Haus mit externen und internen Netzen.....	23
Abbildung 2-4: Energiebedarf der IuK-Technologie nach Geräteklassen.....	28

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1-1: Liste der in dieser Untersuchung berücksichtigten Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik und der zugehörigen Infrastruktur	5
Tabelle 2-1: Übersicht über die Entwicklung des Strombedarfs für IuK-Geräte und zugehörige Infrastruktur in Haushalten und Büros in Deutschland zwischen 2001 und 2010	25
Tabelle 3-1: Einsparpotenziale durch Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb (GWh pro Jahr)	31
Tabelle 4-1: CI-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf von IuK-Endgeräten in Haushalten.....	36
Tabelle 4-2: CI-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf von IuK-Endgeräten in Büros.....	37
Tabelle 4-3: CI-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf durch die IuK-Infrastruktur	37
Tabelle 5-1: Mögliche Ziele der Energiepolitik zur Beeinflussung des Energieverbrauchs im IuK-Bereich und Zieleffektivität energiepolitischer Maßnahmen.....	39

1 Problemstellung, Zielsetzung und methodisches Vorgehen

Der Energiebedarf der Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) wird für das Jahr 2000 in Deutschland auf knapp 1,5 % des gesamten Endenergieverbrauchs bzw. 7,1 % des Stromverbrauchs (Geiger/Wittke 2002) geschätzt. Die größte Bedeutung kommt diesem Anwendungsbereich in den Verbrauchssektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) zu. Relativ unstrittig ist, dass der Bedarf an Informations- und Kommunikationsdienstleistungen und damit zunächst auch der damit verbundene Stromverbrauch zunehmen werden. Dies gilt sowohl international (IEA 2000) als auch für Deutschland (Prognos/EWI 1999; Ziesing et al. 1999; Böde et al. 2000a). Allerdings ist gerade im IuK-Bereich die zukünftige Entwicklung des Strombedarfs nur schwer abzuschätzen, da sich die Technologien und Anwendungen noch stark wandeln und erweitern werden. Hinzu kommt, dass die Datenlage zum Energieverbrauch in den Sektoren Haushalte und GHD allgemein und speziell im Anwendungsbereich Information und Kommunikation auch für den derzeitigen Stand und die Vergangenheit unbefriedigend ist (Diekmann et al. 2000).

Seit einiger Zeit wird der durch elektrische und elektronische Geräte in Haushalten und Büros verursachte Strombedarf und damit verbundene Einsparmöglichkeiten verstärkt untersucht (für Deutschland u. a. in Rath et al. 1997; Rath et al. 1999; Brohmann et al. 2000; Böde et al. 2000a; Böde et al. 2000b; Wuppertal Institut/ebök 2000; Barthel et al. 2001; international u. a. in Huber/Mills 1999; Kawamoto et al. 2001; Mitchell-Jackson 2001; Roth et al. 2002). Auf politischer Ebene gibt es sowohl seitens der IEA und der Europäischen Kommission als auch auf Länderebene eine Reihe von Initiativen, die sich mit dem Thema befassen. Der Schwerpunkt dieser Aktivitäten liegt auf der Reduzierung der durch elektrische und elektronische Geräte verursachten Leerlauf- bzw. Stand-by-Verbräuche. Zu nennen sind hier u. a. die Stand-by-Initiativen von IEA und Europäischer Kommission, die erst kürzlich erfolgte Übernahme des Energy Star-Label für Bürogeräte in der Europäischen Union sowie in Deutschland die mit Unterstützung des Bundesumweltministerium durchgeführte Stand-by-Kampagne im Jahr 1999 (Brohmann et al. 2000), die „Aus - wirklich aus?“-Kampagne der Energiestiftung Schleswig-Holstein¹ und die im Herbst 2002 gestartete „Initiative EnergieEffizienz“ der Verbände der Elektrizitätswirtschaft (VDEW, VRE, VKU) und der Deutschen Energie-Agentur (dena)².

Grundsätzlich stellt ein steigender Stromverbrauch für IuK-Anwendungen ein Risiko dar, und zwar sowohl im Hinblick auf Klimaschutz als auch vor dem Hintergrund der auf Grund des Energiekonsens in den kommenden Jahren zu erwartenden

¹ www.wirklich-aus.de

² www.initiative-energieeffizienz.de

Abschaltung von Kernkraftwerken in Deutschland. Auf der anderen Seite sind jedoch auch die Chancen für eine verbesserte Energienutzung durch IuK-Anwendungen nicht zu vernachlässigen. Diese liegen sowohl in bestehenden Stromesparpotenzialen im IuK-Bereich selbst, die stärker ausgeschöpft werden könnten, als auch in Möglichkeiten, durch vermehrte Nutzungen neuer IuK-Anwendungen in anderen Bereichen Energie zu sparen (z. B. durch Fernüberwachung im Transportsektor, in der Haustechnik, in energietechnischen Nebenanlagen, insbesondere bei Contracting sowie in der Logistik). Beide Aspekte sind bisher ebenfalls noch wenig erforscht. Schließlich sind indirekte Auswirkungen der IuK-Technik auf den Energieverbrauch bisher sehr wenig analysiert. Dies gilt insbesondere für Verkehrsleistungen, die sich einerseits durch elektronische Dienstleistungen erübrigen (z. B. elektronische Bankdienstleistungen, Telekonferenzen, dezentrales Drucken von Tageszeitungen), andererseits vielleicht zusätzliche Verkehrsleistungen erzeugen (z. B. E-Commerce).

Vor diesem Hintergrund ist es **Zielsetzung** dieses Gutachtens,

- den direkten und indirekten Einfluss moderner Geräte, Systeme und Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 qualitativ und quantitativ zu analysieren,
- ein „Frühwarnsystem“ zu entwickeln, das frühzeitig auf die Gefahr zunehmenden Stromverbrauchs bzw. die Chancen rationeller Energieverwendung bzw. die Substitution von Anwendungen hinweist sowie
- auf dieser Grundlage konkrete Vorschläge für die Energiepolitik auf nationaler und auf EU-Ebene zu machen.

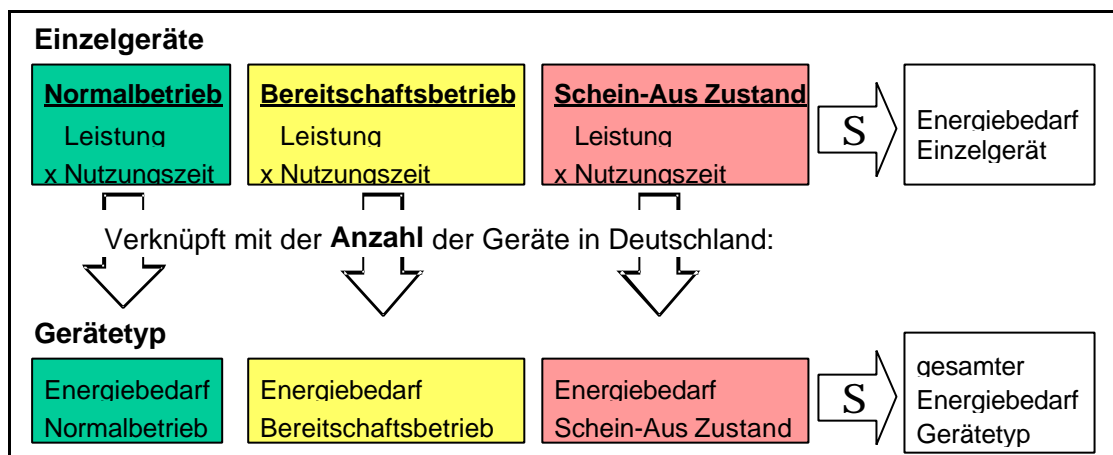
Der derzeitige und zukünftige direkte Strombedarf von IuK-Geräten und der zugehörigen Infrastruktur wurde methodisch auf der Grundlage eines Modells ermittelt, das folgende Komponenten beinhaltet (Abbildung 1-1):

- **Bestand** zum heutigen Zeitpunkt sowie erwartete Bestandsentwicklung unter Einschluss neu auf den Markt kommender Geräte bzw. veränderter Nutzungen bis zum Jahr 2010.
- **Stromverbrauch der Geräte** in den verschiedenen Betriebszuständen sowie Energieverbrauch der Anlagen der unterstützenden Infrastruktur. In Anlehnung an Böde et al. (2000a) werden dabei in dieser Untersuchung die folgenden vier Betriebszustände unterschieden: Normalbetrieb, Bereitschaftsbetrieb, Schein-Aus-Betrieb, Aus-Zustand. Die dabei zu Grunde gelegte Definition dieser Betriebszustände zeigt Abbildung 1-2 ³.

³ Eine einheitliche Definition der Betriebszustände liegt bisher noch nicht vor, sondern es wurden einige unterschiedliche Ansätze entwickelt. Insbesondere der Begriff „Stand-by“ wird uneinheitlich verwendet. Bei der Namensgebung der einzelnen Zustände kommt hinzu, dass es nicht für jeden deutschen Begriff eine eindeutige englische Übersetzung gibt bzw. umgekehrt.

- **Nutzungszeiten** in den verschiedenen Betriebszustände, d. h. die jeweilige Nutzungsintensität.
- Der zukünftige Strombedarf wird weiterhin durch die Existenz von (technischen und verhaltensbedingten) **Einsparpotenzialen** im Hinblick auf den Energieverbrauch in den verschiedenen Betriebszuständen und deren tatsächliche Umsetzung beeinflusst.

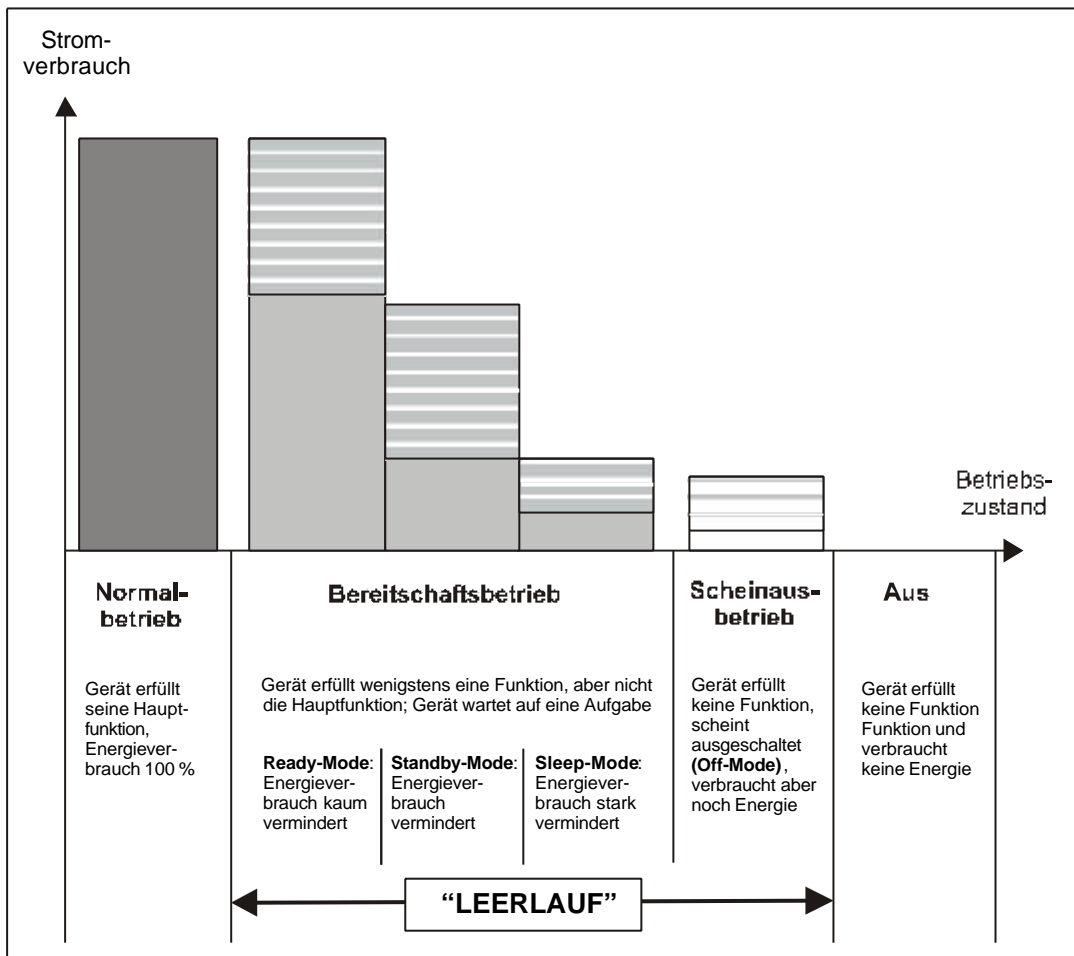
Abbildung 1-1: Modell zur Ermittlung des Strombedarfs von IuK-Geräten und der zugehörigen Infrastruktur



Für die Ermittlung der einzelnen Komponenten des Modells wurde methodisch folgende Vorgehensweise gewählt:

- Systematische Auswertung bereits vorliegender Studien, Statistiken, Broschüren und Herstellerinformationen zum Gerätebestand, zum Gesamtsystem stationärer und mobiler Kommunikationsdienstleistungen und deren direkter und indirekter (induzierter) Energieverbrauch (auch Minderbedarf) sowie erwartete Entwicklungen in den kommenden Jahren in Deutschland.
- Durchführung von fragebogengestützten Expertengesprächen zu einigen Gerätegruppen, für die bisher keine ausreichenden Daten vorliegen. Schwerpunkt dieser Gespräche war der Bereich der Telekommunikations- und Datenverarbeitungs-Infrastruktur (Mobilfunk, Festnetz, Internet, Server).
- Durchführung eigener Messungen für eine Reihe von Geräten, insbesondere zur Ermittlung von Verbräuchen im ausgeschalteten Zustand, da die derzeitige Datlage in diesem Bereich noch relativ schlecht ist.
- Eigene Abschätzungen zum Stromverbrauch und zu den Stromeinsparpotenzialen auf Basis der gesammelten Informationen für solche Anwendungsbereiche, für die bisher noch keine oder nur unvollständige Daten vorliegen.

Abbildung 1-2: In dieser Untersuchung verwendete Definition der Betriebszustände bei IuK-Geräten



Den Ausgangspunkt für die Untersuchung bildete eine detaillierte Liste mit allen wesentlichen Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik, die für Deutschland im Hinblick auf ihren derzeitigen Bestand und Energiebedarf sowie die erwartete Entwicklung bis 2010 untersucht werden (vgl. Tabelle 1-1). Differenziert wird in dieser Liste nach den Hauptfunktionen Unterhaltung, Kommunikation, Datenverarbeitung und Haustechnik (Vernetztes Haus), wobei die einzelnen Geräte innerhalb einer Hauptgruppe zusätzlich zu funktional orientierten Gruppen zusammengefasst werden. Als Nutzungsbereiche werden private Haushalte und Büros unterschieden. Endgeräte und die zugehörige Infrastruktur werden getrennt betrachtet, wobei letztere nochmals nach gebäudeinterner Infrastruktur und der Infrastruktur der Telekommunikationsanbieter differenziert wird.

Tabelle 1-1: Liste der in dieser Untersuchung berücksichtigten Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik und der zugehörigen Infrastruktur

Funktion Hauptgruppe	Endgeräte		Gebäudeinterne Infrastruktur		Infrastruktur der Tele- kommunikationsunternehmen	
	Haushalte	Büros	Haushalte	Büros		
Unterhaltung (Audio, Video)	Audio-Geräte (stationär) Kompaktanlage Stereolanlage Hifi-Verstärker Kassettenrekorder CD-Spieler Minidisc Standgeräte Audio-DVD Spieler Radiowecker		Fernsehen Satellitenempfänger Antennenverstärker Set-Top Box LNB			
	Audio-Geräte (tragbar) Radiorekorder Fernseher Fernseher-Kathodenstrahl Fernseher-LCD Fernseher-Plasma TV-Projektor Videorekorder Videorekorder (analog) Video-DVD Spieler/Rekorder Kameras Videokamera/Camcorder Digitalphotokamera Sonstige Geräte Video-Spielkonsole Steckernetzteile ¹					
	Kommunikation	Telefonie (Festnetz) Schnurloses Telefon Komforttelefon Anrufbeantworter Faxgerät	Kameras Videokamera/Camcorder Digitalphotokamera	Internet-Infrastruktur DSL Splitter DSL Modem CATV-Modem Satelliten Modem PLC-Adapter PLC-Hauskoppler Router (DSL) Telefon-Modem	Vernetzung Router (19 Zoll Rack) Hubs Switches	Festnetzanbieter Leistungsbedarf pro Kanal Leistungsbedarf pro DSL-Linie
		Telefonie (mobil) GSM UMTS	Telefonie (Festnetz) Schnurloses Telefon Komforttelefon Anrufbeantworter Faxgerät	Telefonanlage ISDN-Box Sonstige Türsprechanlage	Telefonanlage Nebenstellen Anlage Sonstige Türsprechanlage	Mobilfunkanbieter Mobilfunk-Basisstationen GSM Mobilfunk Vermittlungsstelle GSM Mobilfunk-Basisstationen UMTS Mobilfunk Vermittlungsstelle UMTS
			Telefonie (mobil) GSM UMTS			

¹ Steckernetzteile werden bei den zugehörigen Geräten bilanziert

.../Fortsetzung Tabelle 1-1

Funktion	Endgeräte		Gebäudeinterne Infrastruktur		Infrastruktur der Tele-- kommunikationsunternehmen
	Hauptgruppe	Haushalte	Büros	Haushalte	
Datenverarbeitung	Rechner Personal Computer (PC)	Rechner Personal Computer (PC)			Server unteres Preissegment (<25 kEuro) mittleres Preissegment (25-100 kEuro) oberes Preissegment (>100 kEuro) USV für Router für Switches für Server unteres Preis- segment für Server mittleres Preis- segment für Server oberes Preis- segment
	Notebook	Notebook			
	PDA	PDA			
	Monitor Kathodenstrahl-Monitor LCD-Monitor	Monitor Kathodenstrahl-Monitor LCD-Monitor			
	Drucker Tintenstrahldrucker	Drucker Tintenstrahldrucker			
	Laserdrucker	Laserdrucker			
	Nadeldrucker	Nadeldrucker			
	Sonstige Geräte Scanner	Sonstige Geräte Scanner			
	Fotokopierer (Desktop)	Fotokopierer			
	Aktivboxen (PC)	Beamer			
Vernetztes Haus	Haushaltsgeräte Mikrowellengerät Herd Dunstabzugshaube		Bei Büros nicht betrachtet.	Vernetzungstechnologie Gateway System Central Control Unit Haustechnik-Bus -Systeme	
	Kaffeemaschine Geschirrspülmaschine Kühlschrank Kühl-Gefrier-Kombination Gefriergerät Waschmaschine Trockner Waschtrockner				
	Heizung/Warmwasser Warmwasser-Kleinspeicher Warmwasserboiler Durchlauferhitzer Heizungsanlage				
	Sicherheitstechnik Überwachungskamera Bewegungsmelder Bedienterminal/Monitor automatisches Türschloss Alarmanlagen Rauchmelder				
	Sonstige Geräte Zeitschaltuhren Sensoren/Aktoren Beleuchtung				
				Bei Büros nicht betrachtet.	

2 Bestand und Energiebedarf moderner Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland bis 2010

Im Mittelpunkt dieser Untersuchung stand die Ermittlung des derzeitigen und zukünftigen Strombedarfs von IuK-Geräten und der zugehörigen Infrastruktur mittels des oben beschriebenen Modells (Abbildung 1-1). Die wesentlichen Ergebnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt. Alle in das Berechnungsmodell eingegangenen Daten zum Bestand, zur Leistungsaufnahme und zu den Nutzungszeiten sowie die daraus resultierenden Untersuchungsergebnisse zur Entwicklung des Strombedarfs der in Tabelle 1-1 aufgelisteten IuK-Geräte und ihrer zugehörigen Infrastruktur in Deutschland für das Basisjahr 2001 und die Prognosejahre 2005 und 2010 sind den detaillierten Tabellen im Anhang 1 zu entnehmen.

2.1 Endgeräte in privaten Haushalten

Entwicklung des Gerätebestandes

Grundlage für die Ermittlung des Bestands an IuK-Endgeräten in deutschen Haushalten im Jahr 2001 sowie für die Abschätzung der Entwicklung bis zum Jahr 2010 waren Daten zur Haushaltsausstattung mit diesen Geräten. Der Gerätebestand wurde mittels der Zahl der privaten Haushalte hochgerechnet. Dabei wurde in Anlehnung an Schlesinger (2001) angenommen, dass die Zahl der Haushalte in Deutschland in den kommenden Jahren noch leicht ansteigt (insbesondere bedingt durch den Zuwachs bei Einpersonenhaushalten), und zwar von 38,16 Millionen im Jahr 2001 auf 38,31 Mio. in 2005 und auf 38,5 Mio. in 2010.

Zur Ermittlung des Gerätebestandes bzw. der Haushaltsausstattung im Basisjahr 2001 wurde dabei auf folgende Informationsquellen zurückgegriffen:

- Amtliche oder quasi-amtliche Statistik (Statistisches Bundesamt, Eurostat, RegTP, OECD, ITU, Bundesanstalt für Arbeit),
- Statistiken von Unternehmens- und Branchenverbänden (ZVEI, GfU, BVT, BITKOM, EITO),
- Statistiken von Markt- und Meinungsforschungsinstituten (ACTA, Media-Analyse, Verbraucher Analyse, Typologie der Wünsche Intermedia),
- Statistiken aus relevanten Studien.

Um einen konsistenten Datensatz für die Prognose künftiger Bestände zu erhalten, wurden diese Datenquellen systematisch vereinheitlicht. Für die Prognose der künftigen Haushaltsausstattung konnten für die meisten, auf dem Markt nicht vollständig neuen Geräte Sättigungswerte bestimmt und die künftige Haushaltsausstattung

mittels einer nicht-linearen Regressionsanalyse aus der Vergangenheitsentwicklung ermittelt werden.

Die damit in dieser Untersuchung zu Grunde gelegte Entwicklung des Bestandes an IuK-Endgeräten in privaten Haushalten in Deutschland für die Jahre 2001, 2005 und 2010 ist den Tabellen im Anhang A1.1 zu entnehmen. Folgende wesentliche Entwicklungstrends sind festzustellen:

- Bei den *Audiogeräten* handelt es sich um weitgehend gesättigte Märkte, so dass hier in den kommenden Jahren nur mit einem geringen Bestandszuwachs zu rechnen ist.
- Die Zahl der *Fernseher* steigt von knapp 55 Mio. im Jahr 2001 auf 59,5 Mio. in 2010, d. h. um rund 8 %. Da bei Fernsehgeräten eine weitgehende Vollausrüstung der Haushalte mit zumindest einem (ersten) Empfangsgerät erreicht ist, wird dieser Anstieg vor allem durch die Zunahme an Zweit- und Drittgeräten in den Haushalten verursacht. Auch wenn es keine öffentlich zugänglichen Daten über den Bestand an Fernseher nach Bildschirmtechnologie und Bildschirmgröße gibt, dürfte die konventionelle CRT-Technologie nach Ansicht von Experten noch einige Jahre den Markt beherrschen, danach jedoch voraussichtlich durch LCD- und eventuell auch Plasma-Bildschirme abgelöst werden. Aus diesem Grund wird innerhalb der Gruppe der Fernseher ab 2005 von einer zunehmenden Substitution von Kathodenstrahl- durch LCD-Fernseher und einem prozentual starken Wachstum der Plasma-Bildschirme ausgegangen, wobei letztere mengenmäßig jedoch auch in 2010 nur eine Nischenrolle darstellen dürften.
- Geräte zur Aufzeichnung von audiovisuellen Daten (*Videorekorder, DVD-Geräte*) haben in den vergangenen Jahren eine stark angestiegene, hohe Verbreitung in den Haushalten erreicht. Auch in Zukunft ist mit einem weiteren deutlichen Anstieg des Gerätebestands um gut 30 % bis zum Jahr 2010 zu rechnen. Dies ist in erster Linie auf die zunehmende Verbreitung von Video-DVD-Spielern und Rekordern zurückzuführen, während der Bestand an konventionellen Videorekordern zurückgehen wird. Mit einer vollständigen Substitution von herkömmlichen durch DVD-Geräte ist jedoch bis 2010 nicht zu rechnen.
- Der Bestand an *Videokameras* bzw. *Camcordern* wird sich zwischen 2001 und 2010 nochmals etwa verdoppeln, während bei der *Digital-Fotokamera* mit einem massiven Bestandszuwachs von rund 2,3 Mio. im Jahr 2001 auf 19,3 Mio. im Jahr 2010 zu rechnen ist. Die Zahl der *Spielkonsolen* hat bereits in den vergangenen zehn Jahren deutlich zugenommen. Mittlerweile zeigen sich aber starke Sättigungserscheinungen, so dass hier nur noch von einem leichten Zuwachs ausgegangen wird.
- Bei *Festnetztelefonen* wurde in Deutschland bereits vor einigen Jahren nahezu eine Vollausrüstung erreicht. In den letzten Jahren hat jedoch eine deutliche Strukturverschiebung innerhalb des Gerätebestands zu Lasten einfacher Telefone hin zu – für den Stromverbrauch relevanten – sogenannten „Komforttelefonen“

mit vielen Zusatzfunktionen sowie zu Schnurlostelefonen, bestehend aus einer Basisstation und einem oder mehreren Handgeräten, begonnen. Dieser Trend wird sich auch in den nächsten Jahren fortsetzen, so dass bei diesen Geräten mit weiteren Bestandszuwächsen zu rechnen ist.

- Bei der Zahl der Teilnehmer am *Mobilfunk* gab es insbesondere seit 1999 einen enormen Zuwachs in Deutschland. Für 2001 wird die Zahl der tatsächlichen Mobilfunk-Nutzer auf 47 Mio. geschätzt. Die gesamte Teilnehmerzahl wird zwar häufig höher angegeben⁴, es ist davon auszugehen, dass es zahlreiche nicht genutzte Telefone und Mobilfunkanschlüsse gibt, die jedoch nicht stromverbrauchsrelevant sind und somit hier auch nicht berücksichtigt werden müssen. Bis zum Jahr 2010 wird mit einem weiteren Anstieg der Mobilfunk-Teilnehmer auf rund 70 Mio. gerechnet. Trotz der derzeit noch sehr unsicheren Entwicklungsaussichten von UMTS wird dabei in Anlehnung an Büllingen/Stamm (2001) bis 2010 mit einer etwa gleichhohen Verbreitung von UMTS- und den heute vorherrschenden GSM-Geräten gerechnet.
- Die Zahl der *Computer* in den deutschen Haushalten lag 2001 bei rund 21,2 Mio., darunter 2,6 Mio. Notebooks. Bis zum Jahr 2010 wird mit einem weiteren Anstieg um gut 30 % gerechnet, wobei der stärkste Zuwachs bei den Notebooks erfolgt. Der vielfältig zu beobachtender Trend zur mobilen IT- und Telekommunikationsunterstützung kann auch an der wachsenden Zahl von *PDA*s (Personal Digital Assistant) nachvollzogen werden. Hier wird bis zum Jahr 2010 mit rund 7,5 Mio. Geräten und damit einer deutlich höheren Verbreitung als heute (2001: rund 2,8 Mio. Geräte) gerechnet.
- Die Gesamtzahl der *Computermonitore* nimmt parallel zur Zahl der Desktop-PCs zu. Bis zum Jahr 2010 werden dabei die heute noch üblichen Kathodenstrahl-Monitore (Cathode Ray Tube, CRT) sukzessive durch die flacheren LCD-Displays ersetzt, wobei diese Entwicklung in den Haushalten auf Grund der relativ hohen Preise für LCD-Monitore langsamer verlaufen dürfte als im Büroumfeld. Auch *Drucker* gehören heute zur Standardausstattung eines üblichen PC-Haushalts in Deutschlands, so dass die Entwicklung hier ähnlich wie bei den PCs verlaufen dürfte.

Leistungsaufnahme der Geräte

Die für das Basisjahr 2001 jeweils gewählte Leistungsaufnahme im Normal-, Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb basiert im Wesentlichen auf aus der Literatur vorliegenden oder eigenen Messwerten. Die für die Jahre 2005 und 2010 vorgenommenen Abschätzungen berücksichtigen sowohl erwartete Mehrverbräuche durch höhere Leistungsanforderungen o. ä. als auch auf Grund des autonomen tech-

⁴ So geht NFO Infratest (2001) von 65,9 Mio. Mobilfunkteilnehmern in 2001 aus.

nischen Fortschritts oder bereits laufender Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz anzunehmende Rückgänge in der Leistungsaufnahme.

Alle in der Untersuchung gewählten Leistungsaufnahmen für die IuK-Endgeräte im Haushaltsbereich sind in ausführlicher Form den Tabellen im Anhang A1.1 zu entnehmen. Die Entwicklung der Leistungsaufnahme der Geräte zwischen 2001 und 2010 in den hier unterschiedenen Betriebszuständen – Normalbetrieb, Bereitschafts-Betrieb, Schein-Aus-Betrieb – verläuft bei einigen Gerätegruppen z. T. gegenläufig:

- Im *Normalbetrieb* wird nur bei wenigen Gerätegruppen von einem Rückgang der Leistungsaufnahme zwischen 2001 und 2010 ausgegangen. Technische Möglichkeiten zur Verringerung des Strombedarfs werden gerade bei IuK-Geräten bisher im Regelfall durch höhere Leistungen oder Zusatzfunktionen kompensiert oder häufig auch überkompensiert, so dass zumindest die Annahme einer Konstanz der Leistungsaufnahme plausibel erscheint. Auch von politischer Seite gibt es bisher für IuK-Geräte keine nennenswerten Maßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs im Normalbetrieb (vgl. Kapitel 6). Aus diesen Gründen wird für solche Geräte, deren Entwicklung technisch schon sehr ausgereift ist und bei denen kein ausgeprägter Bedarf nach höheren Leistungen oder aufwändigen Zusatzfunktionen abzusehen ist, eine Konstanz der Leistungsaufnahme im Normalbetrieb zwischen dem Basisjahr 2001 und 2010 angenommen. Dies gilt für alle Audio-Geräte, für Videorekorder, Kameras, die Geräte der Festnetz-Telefonie, PDAs, viele Peripherie-Geräte der PC-Nutzung (LCD-Monitore, Drucker, Scanner, Aktivboxen) sowie Fotokopierer und Beamer. Lediglich bei Mobiltelefonen wird von einer Fortsetzung des schon in den letzten Jahren beobachteten kontinuierlichen Rückgangs der Leistungsaufnahme der Geräte ausgegangen. Umgekehrt ist für einige Geräte auf Grund weiter steigender Leistungsanforderungen oder Komfortansprüche, die technisch mögliche Verbrauchsreduktionen überkompensieren, mit einer zukünftigen Erhöhung der Leistungsaufnahme zu rechnen:
 - Bei *Fernsehern* mit der heute noch vorherrschenden Kathodenstrahlröhren-Technologie liegt die elektrische Leistung im Normalbetrieb derzeit im Durchschnitt bei rund 75 W. Für die kommenden Jahre wurde angenommen, dass der Anteil der Geräte mit großen Bildschirmen und höheren Bildabtastraten (100 Hz) weiter zunehmen wird, so dass die durchschnittliche Leistungsaufnahme bis 2010 auf etwa 120 W zunehmen könnte. Fernseher mit LCD-Technologie weisen demgegenüber eine deutlich niedrigere elektrische Leistungsaufnahme auf (2001: ca. 40 W). Auch hier wird mit einem – allerdings moderaterem – Anstieg bis 2010 auf 50 W gerechnet.
 - Bei *Spielkonsolen* haben die durchgeführten Messungen gezeigt, dass die neuen Geräte von Sony und insbesondere die Microsoft X-Box deutlich höhere Strombedarfswerte aufweisen als die bisherigen Geräte. Der Trend zu erhöhten Leistungsanforderungen durch immer aufwändigere Spiele dürfte sich

in den kommenden Jahren fortsetzen, so dass auch hier mit einer deutlich steigenden Leistungsaufnahme bis 2010 gerechnet wird. Das gleiche gilt für *PCs* und *Notebooks*, wo zumindest im Haushaltsbereich davon ausgegangen wird, dass der Trend zu immer leistungsfähigeren Geräten mit entsprechend höherem Strombedarf auch in den kommenden Jahren noch anhalten wird.

- Auch im *Bereitschaftsbetrieb* wird bei den meisten IuK-Endgeräten im Haushaltsbereich mit einer Konstanz der Leistungsaufnahme gerechnet. Ein, allerdings moderater, Rückgang bis 2010 wird bei Fernsehern und Videorekordern angenommen, und zwar auf Grund der dort auf EU-Ebene eingegangenen freiwilligen Selbstverpflichtungen der Hersteller. Auch beim *Schein-Aus-Betrieb* wird bei für die meisten Gerätegruppen unter den gegenwärtigen Bedingungen mit keinen nennenswerten Änderungen der Leistungsaufnahme bis 2010 gerechnet.

Nutzungszeiten der Geräte

Die jeweiligen Nutzungszeiten in den verschiedenen Betriebszuständen sind die dritte maßgebliche Komponente, die den Strombedarf von IuK-Endgeräten bestimmen (vgl. Abbildung 1-1). Zur Ermittlung der Nutzungszeiten kann für den Haushaltsbereich zum großen Teil auf eigenständige Erhebungen zurückgegriffen werden, die allerdings in erster Linie den Normalbetrieb dieser Geräte abdecken. Trendstudien zur Nutzung von Medien werden in der Bundesrepublik Deutschland schon seit den 60er Jahren durchgeführt. So liegt mit der ARD/ZDF-Studie Massenkommunikation von 2000 die mittlerweile achte Untersuchung vor (vgl. van Eimeren/Ridder 2001). Darüber hinaus kann für die Analyse von Mediennutzungszeiten auf die Daten der Media Analyse (MA) zurückgegriffen werden. Die MA ist die größte in der Bundesrepublik Deutschland⁵ durchgeführte Reichweitenerhebung. Die Aufteilung der verbleibenden Nutzungszeit auf den Bereitschafts-, Schein-Aus- und Aus-Zustand beruht im Wesentlichen auf eigenen Abschätzungen, basierend auf vorliegenden Literaturwerten. Außerdem konnte auf eine aktuelle Umfrage der „Initiative EnergieEffizienz“⁶ zum Verhalten der Bundesbürger bezüglich des Stand-by-Betriebs ihrer elektronischen Geräte zurückgegriffen werden (dena 2002).

⁵ Träger der MA ist die Arbeitsgemeinschaft Media-Analyse (AG MA), in der alle wesentlichen Publikumsmedien, führenden Werbeagenturen sowie eine Reihe von werbungstreibenden Unternehmen zusammengeschlossen sind. Die MA untersucht das Medienverhalten für Tageszeitungen, Zeitschriften und auch Geräte der Unterhaltungselektronik in der Gesamtbevölkerung und ihren Teilgruppen.

⁶ Die Initiative EnergieEffizienz ist ein im Herbst 2002 gestartete Bündnis zur Förderung der Stromeffizienz, das von den Verbänden der Energiewirtschaft (VDEW, VRE, VKU) und der Deutschen Energie-Agentur (dena) getragen und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit gefördert wird.

Bis 2010 wird für Fernseher und Videorekorder mit einem leichten Anstieg der Sehdauer um 10 % und für PCs und begleitende Geräte mit einem deutlicheren Anstieg der Nutzung um 30 % gerechnet. Bei den übrigen Geräten sind keine nennenswerten Änderungen im Nutzungsverhalten im Normalbetrieb zu erwarten. Bei einigen Geräten (insbesondere Fernsehern) wird außerdem angenommen, dass der Schein-Aus-Zustand, bedingt durch neue Nutzungskonzepte wie das digitale Fernsehen, zunehmend durch einen Bereitschaftsbetrieb ersetzt wird.

2.2 Endgeräte in Büros

Entwicklung des Gerätebestandes

Verglichen mit dem Haushaltsbereich ist die Datenlage zum Bestand der im Bürobereich relevanten IuK-Endgeräte, d. h. Computer mit allen Peripheriegeräten sowie Geräte der Bürokommunikation (vgl. Tabelle 1-1) deutlich schlechter. Zur Ermittlung der heutigen Bestandsdaten sowie deren Entwicklung bis zum Jahr 2010 wurde ein ähnlicher Ansatz verwendet wie bei den privaten Haushalten. Die Abschätzung erfolgt dabei über die Zahl der Beschäftigten in echten Büroberufen oder mit büroähnlicher Tätigkeit⁷ sowie die Ausstattung der Büroarbeitsplätze mit Informations- und Kommunikationsendgeräten.

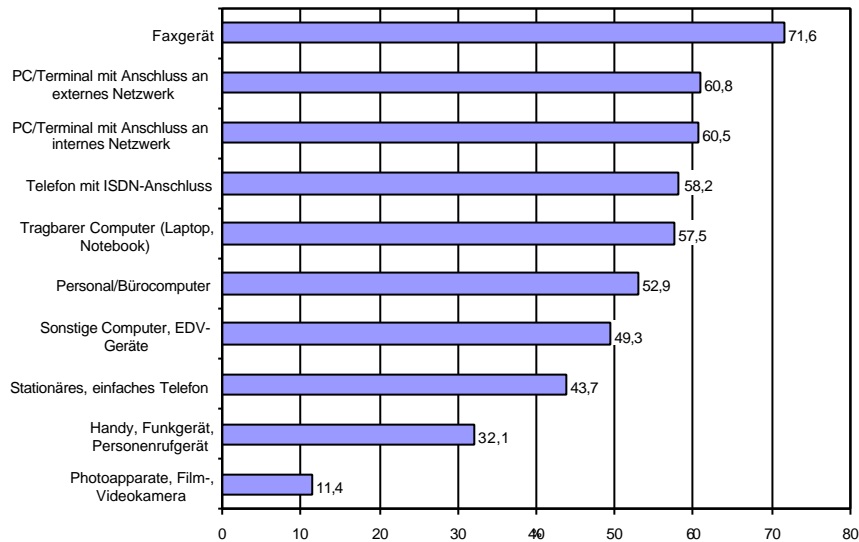
Die Gruppe der Beschäftigten in Büroberufen oder mit büroähnlichen Tätigkeiten befassten Personen hat in den zurückliegenden Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Fast jeder dritte Erwerbstätige in der Bundesrepublik Deutschland verrichtet heute Schreibtischarbeiten (Troll 2000c). Im Jahr 2000 lag deren Zahl bei rund 11,75 Mio. Personen. Für die Abschätzung der künftigen Entwicklung wurde auf die Projektionsstudie „Arbeitslandschaft 2010 nach Tätigkeiten und Tätigkeitsniveau“ zurückgegriffen, die vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Zusammenarbeit mit Prognos erarbeitet wurde (Weidig et al. 1999). Demnach dürfte die Zahl der Beschäftigten im Bürobereich bis 2010 auf rund 12,6 Mio. steigen.

Als ergiebigste Datenquelle über die Ausstattung von Büroarbeitsplätzen in Deutschland mit IuK-Endgeräten hat sich die zuletzt 1998/99 durchgeführte Erhebung des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) zur Qualifikation und Erwerbssituation in Deutschland (Dostal et al. 2000; Troll 2000a-d) erwiesen. Die Angaben der BIBB/IAB-Studie bilden daher die wesentliche Grundlage für die Abschätzung des heutigen Bestandes und der erwarteten Marktentwicklung von Geräten der Informations- und

⁷ Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, Organisation und Management, Handelstätigkeit mit Führungsaufgaben, Rechtsberatung u. a., Publikation und künstlerische Arbeiten, andere Beratungs- und Ausbildungstätigkeiten.

Kommunikationstechnik im Bürobereich. Ergänzend dazu wurden fallweise Statistiken von Verbänden⁸ und Markt- und Meinungsforschungsinstituten herangezogen. Abbildung 2-1 gibt einen Überblick, wie sich auf dieser Grundlage der Einsatz von IuK-Endgeräten im Büro im Jahr 1999 darstellte.

Abbildung 2-1: Ausstattungsgrade (in %) mit IuK-Endgeräten im Bürobereich in Deutschland im Jahr 1999



Quelle: Troll 2000c; eigene Abschätzungen

Die für das Basisjahr 2001 sowie die Prognosejahre 2005 und 2010 abgeschätzte Zahl der IuK-Endgeräte im Bürobereich ergibt sich dann als Produkt aus der Zahl der Beschäftigten und dem jeweiligen Ausstattungsgrad. Alle Bestandswerte sind den detaillierten Tabellen im Anhang A1.3 zu entnehmen. Folgende Entwicklungstrends zeichnen sich dabei ab:

- Im Bereich der Kommunikation sind heute fast alle Büroarbeitsplätze in Deutschland mit *Festnetztelefonen* ausgestattet, etwa 40 % jedoch noch mit einfachen Telefongeräten (vgl. Abbildung 2-1). Deren Zahl wird bis 2010 deutlich zurückgehen, während die Zahl der für den Stromverbrauch relevanten Komfort- und Schnurlostelefone um gut ein Drittel von 15,8 Mio. in 2001 auf 21,7 Mio. in 2010 zunehmen wird. Bei *Anrufbeantwortern*, die überwiegend in kleinen Büros verbreitet sind, zeichnet sich hingegen eine Sättigung ab, da diese Geräte zunehmend integriert angeboten werden. Bei *Faxgeräten* wird zumindest bis 2005 trotz der substituierenden Wirkung von E-Mail noch mit einem Be-

⁸ Hervorzuheben ist das European Information Technology Observatory (EITO), das seit 1993 ein europäisches Jahrbuch der Informations- und Kommunikationsbranche herausgibt, in dem auch die Entwicklung in Deutschland dokumentiert wird (EITO 1993ff.).

standsanstieg von 3,5 auf 5 Mio. gerechnet (insbesondere in Kleinstunternehmen und Neugründungen), um den Kundenkontakt über unterschiedliche Medien halten zu können. Dabei werden die Unternehmen aber verstärkt auf Multifunktionsgeräte umsteigen. Die Zahl der beruflich genutzten *Mobiltelefone* wurde in dieser Untersuchung bei den privaten Haushalten bilanziert, da diese Geräte personenbezogen sind und sich eine Trennung zwischen privater und beruflicher Nutzung nur schwer treffen lässt.

- Bei den *Rechnern* wird im Bürobereich mit einem weiteren Anstieg von heute rund 17,7 Mio. auf knapp 24 Mio. im Jahr 2010 gerechnet. Dieser ist jedoch ausschließlich auf das erwartete deutliche Wachstum bei Notebooks und insbesondere PDAs zurückzuführen, während die Zahl der heute noch vorherrschenden Desktop PCs bis 2010 leicht von 10,5 auf 10 Mio. zurückgehen dürfte. Dementsprechend wird auch die Zahl der *Monitore* nicht weiter wachsen. Der Anteil der LCD-Monitore, der heute erst bei rund 10 % liegt, wird in diesem Zeitraum jedoch auf schätzungsweise 40 % wachsen. Auch bei *Druckern* und *Scannern* wird in diesem Jahrzehnt nur mit einem geringen Bestandswachstum gerechnet. Das gleiche gilt für *Fotokopierer*.
- *Kameras* sind heute nur in geringem Umfang in Unternehmen vorhanden und dürften auch in Zukunft nicht zu den typischen Arbeitsmitteln im Büroumfeld gehören. Lediglich bei der Digitalkamera wird mit einem leichten Anstieg der Ausstattungsrate von heute 12 % auf etwa 15 % bis 2010 gerechnet.

Leistungsaufnahme der Geräte

Die Leistungsaufnahme der in Büros eingesetzten IuK-Endgeräte wird sich nicht nennenswert von den in privaten Haushalten genutzten Geräten unterscheiden, solange die Leistungsanforderungen an diese Geräte ebenfalls vergleichbar sind. In diesen Fällen wurden für beide Nutzungsbereiche die gleichen Annahmen zur Leistungsaufnahme in den drei unterschiedlichen Betriebszuständen getroffen. Im Einzelnen gilt dies für Kameras, Telefone und Anrufbeantworter, PDAs, Nadel- und Tintenstrahldrucker sowie Aktivboxen (vgl. dazu auch Anhang A1.3).

Bei anderen Geräten sind die Leistungsanforderungen für den Bürobereich deutlich höher und die Geräte größer dimensioniert als in den privaten Haushalten, so dass auch der Strombedarf im Normalbetrieb und im Regelfall auch im Bereitschaftsbetrieb entsprechend höher ausfällt. Dies gilt in erster Linie für Faxgeräte, Laserdrucker sowie Fotokopierer. Auch die in Büros eingesetzten Monitore dürften im Schnitt etwas größer ausfallen als in den Haushalten und die Leistungsaufnahme im Normalbetrieb damit etwas höher liegen. Bei PCs und Notebooks wird hingegen umgekehrt davon ausgegangen, dass die Leistungsfähigkeit der heutigen Geräte für die meisten Büroanwendungen völlig ausreichend ist und zunehmend sekundäre Geräteeigenschaften wie die Geräusentwicklung (Windeck 2001) oder der Energiebedarf in den Vordergrund treten. Der im Haushaltsbereich angenommene wei-

tere Anstieg des Strombedarfs der Computer ist demnach im Bürobereich nicht (bei PCs) oder nicht im gleichen Ausmaß (bei Notebooks) zu erwarten.

Generell werden für den Zeitraum 2001-2010 unter den gegenwärtigen Bedingungen im Bürobereich keine wesentlichen Veränderungen der Leistungsaufnahme der IuK-Endgeräte erwartet. Lediglich der Strombedarf im Bereitschaftsbetrieb könnte bei einigen Gerätearten, auch bedingt durch politische Maßnahmen wie die Einführung freiwilliger Qualitätslabel oder von Procurement-Aktivitäten (vgl. Kapitel 6), leicht zurückgehen.

Nutzungszeiten der Geräte

Für den Bürobereich gibt es, anders als bei den Haushalten, keine regelmäßigen Erhebungen zu Nutzungszeiten von IuK-Geräten. Die hier gewählten Nutzungszeiten für die verschiedenen Betriebszustände stellen eigene Abschätzungen auf der Grundlage vorliegenden Werte aus der Literatur dar.⁹ Bis 2010 wird im Bürobereich mit keinen nennenswerten Änderungen der Nutzungszeiten gerechnet.

2.3 Gebäudeinterne Infrastruktur

Internet-Infrastruktur in privaten Haushalten und Büros

Anders als bei den übrigen Bereichen kann die Betrachtung der breitbandigen Internet-Anschlüsse nicht getrennt nach Haushalten und Unternehmen erfolgen, da keine differenzierten Daten vorliegen. Vielfach macht eine solche Unterscheidung auch wenig Sinn. So ist beispielsweise der Internetzugang über DSL eine Technologie, die sich im gewerblichen Umfeld insbesondere für kleine und kleinste Unternehmen eignet, die häufig nicht scharf von privaten Haushalten abzugrenzen sind. Die Bilanzierung dieses Bereichs erfolgt unter der Infrastruktur der privaten Haushalten (vgl. dazu die Tabellen in Anhang A1.2 mit allen Annahmen zur Bestandsentwicklung, Leistungsaufnahme und zu Nutzungszeiten).

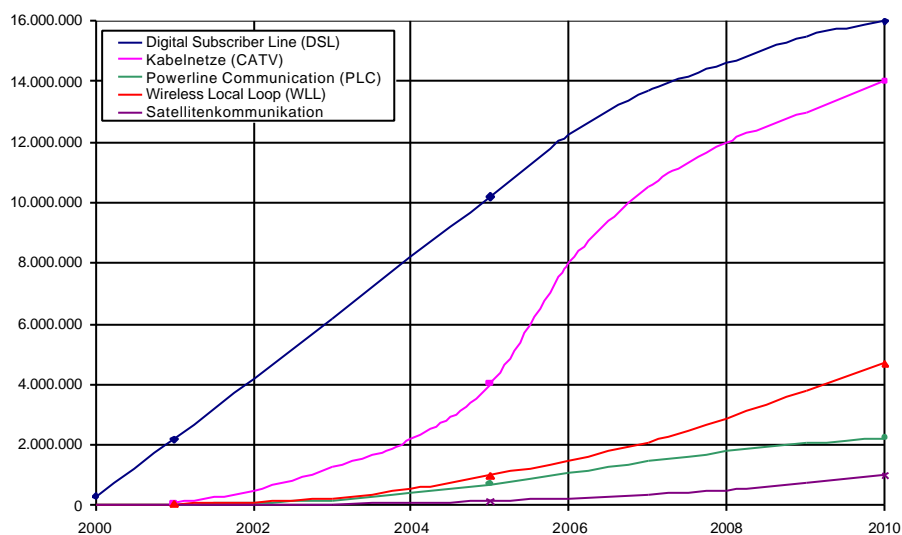
Die Nachfrage nach einem schnellen Zugang zum Internet durch breitbandige Verbindungstechniken hat bereits in den vergangenen Jahren in Deutschland deutlich zugenommen. Insgesamt sind diese Zugangstechnologien zum Internet jedoch heute noch von untergeordneter Bedeutung, dominierend sind aber weiterhin schmalbandige analoge Modem-Verbindungen und ISDN-Anschlüsse. In dieser Untersuchung wird davon ausgegangen, dass der **Bestand** von externen *Telefon-Modems* in den

⁹ Dabei wird von folgenden Rahmenannahmen ausgegangen: Die Geräte sind während der üblichen Arbeitszeiten von durchschnittlich acht bis zehn Stunden und an 220 Arbeitstagen pro Jahr in Betrieb. Während dieser Zeit sind die Geräte zwar nicht dauerhaft in Benutzung, aber dauerhaft betriebsbereit.

kommenden Jahren rasch abnehmen und im Jahr 2010 keine Rolle mehr spielen wird. Die hohe Diffusion von *ISDN* in Haushalten war in den vergangenen Jahren ein Ergebnis der zunehmenden privaten Internetnutzung. In dieser Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die Zahl der *ISDN*-Anschlüsse in den kommenden Jahren nochmals ansteigen wird, um dann durch breitbandige Zugangstechnologien zum Internet ersetzt zu werden (BDRC 2001).

Nach den Annahmen dieser Untersuchung wird sich die Gesamtzahl der *breitbandigen Internetanschlüsse* in Deutschland von gut 2,4 Mio. im Jahr 2001 auf knapp 38 Mio. in 2010 erhöhen. Die wichtigste Rolle werden dabei die auch international dominierenden *DSL- und Kabelnetz(CATV)-Anschlüsse* spielen. Da in Deutschland die Verbreitung von Telefonanschlüssen deutlich höher ist als der Anschluss an das Kabelnetz, wird DSL die wohl am stärksten genutzte Zugangstechnologie werden. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2010 rund 16 Mio. DSL-Anschlüsse und rund 14 Mio. CATV-Anschlüsse installiert sein werden. Sonstige breitbandige Verbindungstechniken wie die das Stromnetz nutzende *Powerline Communication (PLC)*, drahtlose Ortsnetze, der so genannte *Wireless Local Loop (WLL)* oder *Satelliten-Anschlüsse* werden demgegenüber nur eine untergeordnete Rolle spielen (vgl. Abbildung 2-2).

Abbildung 2-2: Entwicklung der Zahl breitbandiger Internetanschlüsse in Deutschland bis 2010



Quelle: Büllingen/Stamm 2001; Regulierungsbehörde für Post und Telekommunikation; eigene Berechnungen

Die **Leistungsaufnahme** der für die Nutzung breitbandiger Internet-Anschlüsse erforderlichen Geräte – für den DSL- und PLC-Zugang sind jeweils zwei Geräte

notwendig - unterscheidet sich nicht wesentlich. Zwar liegt der Strombedarf der PLC-Technologie etwas niedriger als der für DSL- oder CATV-Anschlüsse, die hier angenommenen Werte sind jedoch auch mit den größten Unsicherheiten behaftet. Lediglich das Satelliten-Modem weist einen etwa doppelt so hohen Strombedarf auf wie die übrigen Zugangstechnologien, ist jedoch bestandsseitig nur von untergeordneter Bedeutung. Die jeweiligen **Nutzungszeiten** der Geräte in den verschiedenen Betriebszuständen wurden geschätzt.

Fernseher-Infrastruktur

Die Fernseher-Infrastruktur ist wieder eindeutig dem Haushaltssektor zuzuordnen und dort zu bilanzieren (vgl. Anhang A1.2). Der Wandel der Fernsehtechnologie von analogen zu digitalen Diensten führt auch zu einem Wandel der eingesetzten Geräte. Die Infrastrukturgeräte der analogen Technik beschränken sich im Wesentlichen auf Antennenverstärker sowie die analogen Satellitenempfänger (Satelliten-IRD). Bei der digitalen TV-Technik kommen dagegen vermehrt Set-top-Boxen zum Einsatz, da das digitale Signal in ein analoges Signal umgewandelt werden muss. Diese Funktion könnte zukünftig auch in den Fernsehgeräten integriert sein, wenn es ein einheitliches Protokoll auf allen Übertragungswegen (terrestrisch, über Kabel und über Satellit) gäbe. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass dies bis 2010 in bedeutendem Umfang geschehen wird.

Zum Empfang von Fernsehsendungen sind derzeit in den privaten Haushalten in Deutschland drei Typen von Empfangsanlagen installiert: Etwa die Hälfte der Haushalte ist an ein breitbandiges Verteilnetz angeschlossen, ein weiteres Drittel nutzt die Möglichkeiten des Satellitenempfangs. Die restlichen knapp 15 % der Haushalte haben weiterhin den traditionellen terrestrischen Fernsehempfang über Haus- oder Zimmerantenne. An dieser Struktur dürfte sich in den kommenden Jahren nur noch wenig ändern; d. h. sowohl die heutige Zahl der *Kabelanschlüsse* (18,1 Mio.) als auch die der *Satellitenempfangsanlagen* (12,2 Mio.), die in den 90er Jahren stark zugenommen hat, wird bis 2010 nur noch geringfügig zunehmen. Das gleiche gilt für die Zahl der *Antennenverstärker*, die generell für den terrestrischen Fernsehempfang sowie teilweise auch bei einem Kabelanschluss (bei nicht ausreichender Signalstärke) erforderlich sind.

Zunehmen wird die Zahl der für den Empfang des digitalen Fernsehens erforderlichen *Set-Top-Boxen*, allerdings wohl nicht in dem Ausmaß, wie dies noch in den letzten Jahren optimistischerweise angenommen wurde. Nach Angaben der ARD (2001) nutzen derzeit nur etwa 6 % der Haushalte digitales Fernsehen. Dies bedeutet, dass etwa 2,3 Mio. entsprechende Empfangsgeräte installiert sind. Nach Experteneinschätzung (u. a. DocuWatch Digitales Fernsehen 2001) gibt es derzeit kaum Hinweise auf eine deutliche Beschleunigung der Ausbreitung. So wird im Rahmen dieser Studie davon ausgegangen, dass bis 2005 knapp über 4 Mio. und bis 2010

etwa 7 Mio. Set-top-Boxen zur Nutzung des digitalen Fernsehens in deutschen Haushalten installiert sein werden.

Die elektrische **Leistungsaufnahme** von Satellitenempfangsgeräten liegt im Normalbetrieb bei etwa 20 W und im Bereitschaftsbetrieb immer noch bei rund 9W. Da diese Geräte über keinen Aus-Schalter verfügen, mit dem sie vollständig vom Netz getrennt werden können, verursachen sie damit einen beträchtlichen dauerhaften Stromverbrauch. Hinzu kommt, dass für den Empfang über Satellit noch ein weiteres Gerät, der so genannte LNB (Low Blow Converter) benötigt wird, dessen Leistungsaufnahme bei rund 4 W im Normal- und Bereitschaftsbetrieb liegt und damit vergleichbar mit der eines Antennenverstärkers ist. Der Strombedarf von Set-Top-Boxen liegt derzeit mit 17 W noch etwas unter dem der Satellitenempfänger. Für die Projektion bis 2010 wird aber wegen der zunehmenden Weiterentwicklung dieser Geräte über die reine Empfangs- und Dekodierfunktion hinaus hin zu Multimedia-Plattformen von einer **ansteigenden Leistungsaufnahme** im Normalbetrieb ausgegangen. Auch die heute beobachteten **Nutzungszeiten** werden sich in Zukunft durch die damit verbundenen vielfältigeren Nutzungsmöglichkeiten erhöhen.

Netzinfrastuktur in Büros

Die wesentlichen Elemente der Netzinfrastuktur in Büros sind

- *Server*, d. h. Computer im Netzwerk, die anderen Rechnern unterschiedlichste Dienste (wie die Speicherung von Daten, die Bereitstellung von Datenbanken oder Internetauftritten oder die Abwicklung des E-Mail-Verkehrs) zur Verfügung stellen,
- *Hubs und Switches*, über die Computer und Peripheriegeräte in ein Unternehmensnetzwerk eingebunden sind, sowie
- *Router*, die zwei räumlich getrennte Netzwerke oder Netzwerke mit unterschiedlichen Protokollen miteinander verbinden.

Die Datenlage zur Ausstattung deutscher Unternehmen mit diesen Geräten ist sehr schlecht und das überhaupt existierende Datenmaterial darüber hinaus meist nicht frei zugänglich. Die hier angenommenen Bestände wurden daher aus den vorhandenen Daten und Experteneinschätzungen hochgerechnet, wobei u. a. die Ergebnisse einer umfassenden schweizerischen Studie zur Serververteilung (Gubler/Peters 2000; Huser 2002) auf Deutschland übertragen wurden. Das Ergebnis dieser Abschätzungen ist in detaillierter Form den Tabellen im Anhang A1.4 zu entnehmen. Für die Entwicklung bis 2010 wird angenommen, dass der heutige Bestand an diesen Geräten in den Unternehmen nochmals um gut 50 % wachsen wird. Damit werden zwar nicht mehr die hohen Wachstumsraten der vergangenen Jahre von jährlich 10-15 % erreicht. Der Einfluss auf den zukünftigen Strombedarf ist aber dennoch beträchtlich, da die elektrische Leistungsaufnahme der Router und insbesondere der

Server sehr hoch ist und alle Geräte üblicherweise das ganze Jahr ohne Unterbrechung im Normalbetrieb laufen.

Zur Abschätzung des Energiebedarfs wurden Server in drei Größen- bzw. Preisklassen eingeteilt (kleine, mittelgroße und sehr große Geräte). Die Masse der Geräte gehört dabei zur untersten Klasse, für die für 2001 eine durchschnittliche Leistungsaufnahme von 150 W angenommen wurde. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme der mittelgroßen Geräte wurde auf 800, die der sehr großen Server auf durchschnittlich 2500 W geschätzt. Mittelfristig ist davon auszugehen, dass die Nutzleistung von Servern weiter gesteigert und damit auch der spezifische Energiebedarf pro Gerät weiter ansteigen wird. Denn die Optimierung des Energiebedarfs spielt bisher bei IT-Infrastrukturgeräten nur eine untergeordnete Rolle, Hauptkriterien bei sind die Primärleistung, die Kosten und die Sicherheit.

Im Hinblick auf den derzeitigen und zukünftigen Strombedarf der Netzinfrastruktur in Büros nicht zu vernachlässigen ist außerdem die sogenannte *unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)*. An sie werden Geräte angeschlossen, die eine hohe Ausfallsicherheit aufweisen müssen. Dazu gehören in der Regel Server, Router und Switches. Der Energiebedarf dieser Anlagen lässt sich über deren Wirkungsgrad bestimmen, der heute bei knapp 90 % liegt und sich in den nächsten Jahren leicht verbessern dürfte.

Exkurs: Data Centres

Es gibt keine allgemein gültige Definition für den Begriff „*Data Centres*“. Im weiteren Sinne können darunter alle Gebäude oder Gebäudeteile verstanden werden, in denen IuK-Geräte beherbergt werden und die nicht direkt Benutzerarbeitsplätze sind. Im engeren Sinne versteht man unter Data Centres so genannte „Serverfarmen“, in denen Daten und Dienstleistungen für Internet-Anwendungen gespeichert und ausgeführt werden und für die in den letzten Jahren – zumindest lokal – dramatische Wachstumsraten prognostiziert wurden.

Data Centres wurden in dieser Studie eher im engeren Sinne interpretiert und als ein wichtiges Beispiel für die zunehmende Bedeutung des Energiebedarfs der Infrastruktur für IuK-Endgeräte und die damit möglicherweise verbundene lokale Konzentration der Stromnachfrage thematisiert. Die Bilanzierung der in Data Centres vorhandenen Geräte erfolgte bereits bei der Büro-Infrastruktur (vgl. Anhang A1.4). Denn für die Bilanzierung des Energiebedarfs der IuK-Infrastrukturgeräte ist die Frage, wo diese Geräte stehen – in einem Büroraum oder in einer Serverfarm – von untergeordneter Bedeutung. Abgesehen davon ist die gesonderte Abschätzung des Energiebedarfs der Data Centres bei der gegenwärtigen Datenlage für Deutschland noch schwieriger als der in dieser Untersuchung gewählte Quantifizierungsansatz über den gesamten Gerätebestand in den Unternehmen (bzw. ausgelagert in Data Centres) und deren Leistungsaufnahme.

Wenn die Abgrenzung des Begriffes geklärt ist, sind zwei Ansätze zur Quantifizierung des Energiebedarfs von Data Centres verbreitet:

- Entweder wird von den Geschossflächen der Data Centres ausgegangen und für die Fläche eine spezifische Leistungsaufnahme (in W/m^2) ermittelt. Der Strombedarf der Data Centres (in kWh/m^2) wird dann aus der elektrischen Leistung pro Flächeneinheit und den Nutzungszeiten berechnet. Üblicherweise wird bei dieser Berechnungsmethode, die international z. B. von Mitchell-Jackson (2001) und Beck (2001) für die USA und von Hartkamp (2002) für die Niederlande angewandt wurde, die erforderliche Energie für den Betrieb der Infrastruktur, insbesondere für die unterbrechungsfreie Stromversorgung und die Wärmeabfuhr, mit einbezogen.
- Alternativ kann die Anzahl der IuK-Geräte, die in Data Centres eingesetzt werden, als Basis verwendet werden und der Energiebedarf über den erwarteten jährlichen Strombedarf der einzelnen Gerätetypen berechnet werden. Zusätzlich muss die Energie berücksichtigt werden, die für den Betrieb der Infrastruktur (Stromversorgung, Wärmeabfuhr) benötigt wird. Auch zu diesem Ansatz gibt es verschiedene Studien (Spreng/Aebischer 1990, Aebischer et al. 2002 und Huser 2002 für die Schweiz, Roth et al. 2002 für die USA sowie Thomas/Barthel 2001), die sich jedoch auf Data Centres im weiteren Sinne beziehen und außerdem nur den Strombedarf der Geräte selbst und nicht den der zum benötigten Infrastruktur enthalten.

Da für Deutschland aber weder Daten zu den Flächen von Data Centres noch zur Anzahl der dort installierten Geräte verfügbar sind, kann der Energiebedarf der in Deutschland betriebenen Data Centres nur durch die Übertragung der aus den o. g. Studien für andere Länder verfügbaren Angaben abgeleitet werden. Der Geräteansatz für den Strombedarf der Data Centres im weiteren Sinn ergibt einen typischen Anteil von 0,5 % des Gesamtstrombedarfs eines Landes. Zieht man noch den Strombedarf für die zum Betrieb notwendige Infrastruktur hinzu, dürfte 1 % des Strombedarfs eines Landes eine plausible Größenordnung sein. Der Ansatz über Geschossflächen der Data Centres im engeren Sinne ergibt Werte zwischen 15 bis 50 kWh/Einwohner . Für Deutschland würde eine Übertragung dieser Werte bedeuten, dass zwischen 10 und 25 % der IuK-Infrastrukturgeräte der Unternehmen in Data Centres betrieben werden.

Ob sich dieser Anteil in Zukunft noch entscheidend erhöhen wird, d. h. ob die Unternehmen eine weitere Auslagerung von IT-Diensten oder deren direkte Kontrolle in betriebseigenen Rechenzentren oder Serverräumen bevorzugen, ist zum heutigen Zeitpunkt nur sehr schwer zu beurteilen. Aus Effizienzgründen hätte eine Auslagerung in größere Data Centres durchaus Vorteile, da die Rechen-, Übermittlungs- und Speicherleistung von größeren Geräten mit geringerem spezifischen Energiebedarf geleistet werden könnte. Außerdem erreichen Geräte, die von Dienstleistern betrieben werden, eine höhere Auslastung, da es zu ihrem Kerngeschäft gehört, ihre

Anlagen möglichst effizient einzusetzen. Neuere Studien gehen von eher moderaten Wachstumsraten aus. Für die Schweiz wird mit einem jährlichen Wachstum von knapp 2 % gerechnet (Aebischer et al. 2002), für die USA liegen die entsprechenden Schätzungen zwischen 1,8 und 6,1 %/a (Roth et al. 2002).

2.4 Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen

Festnetz-Infrastruktur

Die Festnetzinfrastruktur lässt sich in die Bereiche Anschlussnetz und Fernnetz unterteilen. Das Anschlussnetz übernimmt den Transport von Sprache oder Daten von den Endgeräten der Nutzer zu den Übergabepunkten an das Fernnetz. Die verwendete Übertragungstechnik reicht vom analogen Anschluss über den ISDN-Anschluss bis hin zu den verschiedenen Breitbandanschlüssen wie DSL. Das Fernnetz übernimmt die Datenübertragung ab dem Übergabepunkt der Anschlussnetze. Dabei werden die Anschlüsse gebündelt und komprimiert über größere Distanzen übertragen. Hauptanbieter von Festnetzanschlüssen ist die Deutsche Telekom AG, aber auch andere Netzbetreiber wie die Arcor AG, Tesion oder Netcologne sind auf dem Markt vertreten.

Die Ermittlung des Strombedarfs der Vermittlungs- und Übertragungstechnik der Festnetzbetreiber erfolgte dabei grundsätzlich nach dem gleichen methodischen Ansatz wie für die übrigen IuK-Geräte (vgl. Abbildung 1-1). Als Bestandsgröße wurde die Anzahl der Telefonkanäle gewählt und mit der spezifischen Leistungsaufnahme der Telefonkanäle multipliziert wurde. Eine Unterscheidung der Leistungsaufnahme nach verschiedenen Betriebszuständen ist für den Bereich der Telekommunikations-Infrastruktur generell nicht erforderlich, da die Anlagen dauerhaft in Betrieb sind (zu den ausführlichen Berechnungsergebnissen vgl. Anhang A1.5).

Unter Berücksichtigung von Daten der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP 1999ff, 2001) ist für das Jahr 2001 von rund 50,3 Mio. *Telefonkanälen* auszugehen, deren Zahl bis 2010 auf rund 55,5 Mio. ansteigt. Insbesondere nach 2005 ist nur noch mit einem stark abgeflachten Wachstum zu rechnen. Die *spezifische Leistung pro Telefonkanal* lag im Jahr 2001, basierend auf Angaben der Deutschen Telekom (2001) sowie der RegTP (1999ff, 2001) bei etwa 2,4 W. Im Jahr 1997 lag dieser Wert noch bei rund 3 W, für die kommenden Jahre wird jedoch nicht mehr mit einem nennenswerten Rückgang gerechnet. DSL-Anschlüsse sind dabei gesondert zu betrachten, da für diese in den Teilnehmervermittlungsstellen zusätzliche Modems installiert werden müssen, die heute ebenfalls eine Leistungsaufnahme von 2,4 W pro Anschluss erfordern, die jedoch in den kommenden Jahren noch um rund ein Drittel sinken könnte.

Mobilfunk-Infrastruktur

Mobilfunknetze, die auf dem heute vorherrschenden GSM-Standard (Global System for Mobile Communications) oder dem zukünftigen UMTS-Standard (Universal Mobile Telecommunications System) basieren, sind sogenannte Hybridnetze. Sie bestehen nicht nur aus den reinen Funkstrecken, sondern ein erheblicher Teil der Kommunikation geschieht durch leitungsgebundene Übertragung über Kupfer-, Glasfaserkabel oder Richtfunk. Zwei Mobiltelefone treten nicht direkt miteinander in Verbindung, sondern werden immer über stationäre Sende-, Empfangseinrichtungen und Vermittlungsstellen verbunden. Dabei wurde in der Untersuchung zwischen den *Basisstationen* und den *Vermittlungsstellen* unterschieden. Der Strombedarf der Mobilfunk-Infrastruktur ergibt sich über die Anzahl der Basisstationen und Vermittlungsstellen und deren elektrische Leistungsaufnahme. Da das UMTS-Netz ein völlig eigenständiges Netz darstellt, das komplett neu aufgebaut werden muss, sind die beiden Techniken getrennt zu betrachten.

Basierend auf den offiziellen Angaben der Netzbetreiber und den zusätzlich für diese Untersuchung durchgeführten Interviews lag die Zahl der GSM-Basisstationen im Jahr 2001 bei 50 700. Hinzu kommen 230 GSM-Vermittlungsstellen. Trotz des für 2003 erwarteten Beginns des UMTS-Betriebes ist bis 2010 kein Rückgang, sondern ein moderater Ausbau des GSM-Netzes zu erwarten, da nach Angaben von Fachleuten das vorhandene GSM-Netz auch weiterhin benötigt wird, d. h. von einer Koexistenz beider Netze ausgegangen wird. Zusätzlich wird bis 2010 mit knapp 80 000 UMTS-Basisstationen und rund 330 Vermittlungsstellen gerechnet.

Die elektrische Leistungsaufnahme für UMTS-Stationen liegt dabei nach Hersteller- und Expertenangaben mehr als doppelt so hoch wie bei GSM-Stationen. Da für beide Bereiche in den nächsten Jahre mit einer moderaten Verminderung gerechnet wird, wird sich an diesem Verhältnis bis zum Jahr 2010 auch nichts Wesentliches ändern. Damit hat der zu erwartende parallele Aufbau eines UMTS-Netzes durchaus gravierende Folgen für die Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland (vgl. detailliert Anhang A1.5).

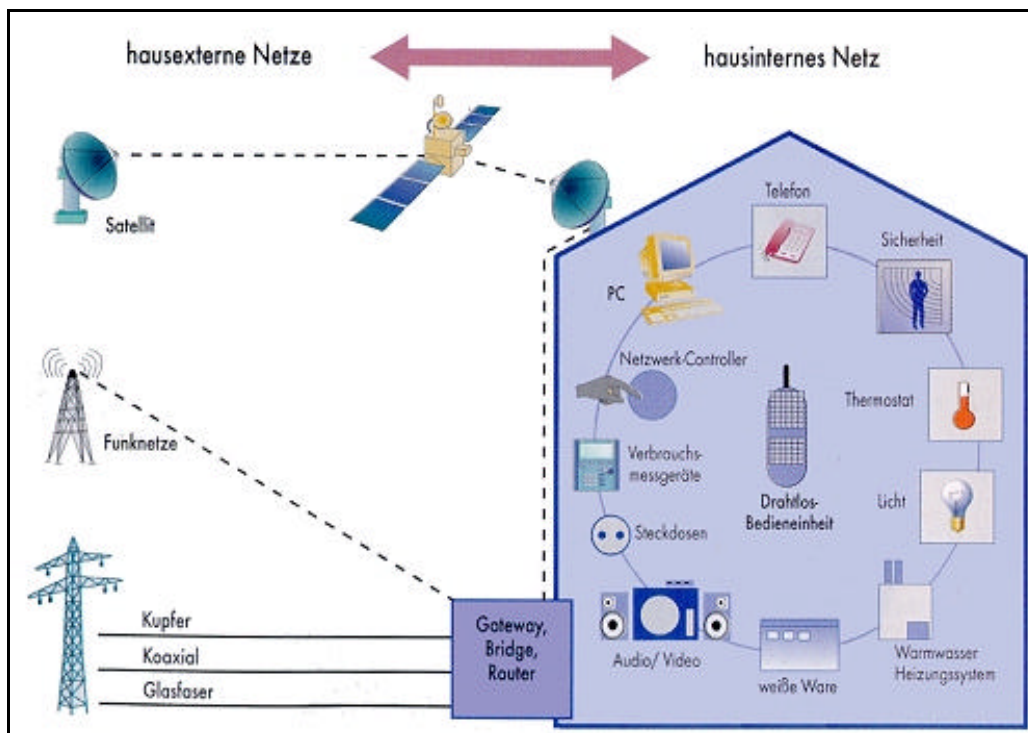
2.5 Vernetztes Haus

Neben dem durch die IuK-Geräte selbst verursachten Strombedarf, der in den vorangehenden Abschnitten behandelt wurde, gibt es auch weitergehende bzw. indirekte Auswirkungen von IuK-Anwendungen auf den Energiebedarf. Hier kann es sich sowohl um im IuK-Bereich selbst auftretende Mehr- oder Minderverbräuche als auch um solche in anderen Bereichen (z. B. Raumwärme, Verkehr) handeln.

Diese Effekte werden im Folgenden beispielhaft für das „Vernetzte Haus“ dargestellt¹⁰

In einem vernetzten Haus werden ein Teil oder alle - grundsätzlich schon vorhandenen - elektrischen und elektronischen Geräte und energietechnische Anlagen über ein Kommunikationssystem miteinander verbunden. Die Vernetzung nach außen erfolgt dabei durch einen zentralen Gateway, der für breitbandige Anwendungen ausgerichtet ist (Abbildung 2-3).

Abbildung 2-3: Haus mit externen und internen Netzen



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft (www.inhaus-nrw.de)

Einerseits verursacht die Hausvernetzung einen zusätzlichen Energiebedarf, der durch die elektrische Leistungsaufnahme des zentralen Gateways, die Stromversorgung der Steuerungsgeräte für die Haustechnik (Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Sicherheitstechnik) sowie die Netztechnik für die elektrischen Haushalts-Großgeräte zum Kochen, Kühlen/Gefrieren und Waschen/Trocknen bestimmt

¹⁰ In der Langfassung dieser Untersuchung wurden als weitere Bereiche die „Substitution von IuK-Anwendungen“, „die „Telearbeit“ und der „E-Commerce“ untersucht. Die größten Effekte im Sinne von durch vermehrte IuK-Anwendungen erzielbaren Energieeinsparungen in anderen Verbrauchsbereichen ergaben sich dabei für den Verkehrssektor.

wird (Aebischer/Huser 2000). Für ein durchschnittliches Haus wird dieser Energiebedarf, je nach Vernetzungstechnik, auf etwa 70-115 W geschätzt.

Andererseits gibt es mögliche Energieeinsparungen durch die Vernetzung, die vor allem durch eine bessere Steuerung und Kontrolle der Haustechnik bewirkt werden. In Deutschland sind moderne, computergesteuerte Regulationsanlagen für Heizungssysteme bisher nur in wenigen Gebäuden enthalten. Die übergroße Mehrheit ist lediglich mit einer einfachen Regelung ausgestattet, die sich im Wesentlichen auf festgelegte Temperaturabsenkungen insbesondere während der Nacht beschränkt. Daran dürfte sich ohne Hausvernetzung auch in Zukunft nur wenig ändern, so dass ein wesentlicher Teil der mit einer optimalen Regelung erschließbaren Energieeinsparung tatsächlich der Hausvernetzung zuzurechnen ist. Kleemann et al. (2001) schätzen die mit einer automatisierten Raumtemperaturregelung erreichbaren Einsparungen auf 20 bis 30 kWh/m² bei Einzelgebäuden. Dies entspräche bei Gebäuden, die der Wärmeschutzverordnung entsprechen, einer Einsparrate in der Größenordnung von 15 bis 35 %. Von der Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ (2002) wird der Einspareffekt einer Heizungssteuerung in einem vernetzten Haus auf die Größenordnung von 20 bis 30 % beziffert.

Zur Abschätzung des Nettoeffektes der Hausvernetzung auf den Energiebedarf wurde der vermiedene Heizenergiebedarf in Wohngebäuden mit dem erhöhten Strombedarf durch die Vernetzung verglichen. Basierend auf den Bestandszahlen für Wohngebäude und angenommenen Durchdringungsraten der Hausvernetzung zwischen 2 und 5 % ergibt sich ein Mehrbedarf an elektrischem Strom von 700 GWh, dem ein Minderbedarf an Wärmeenergie von 1870 GWh gegenübersteht. Vergleicht man die Effekte auf Basis des Energieträgereinsatzes, ergibt sich ein Mehrbedarf von 1610 GWh für die Stromerzeugung, und eine Einsparung von 2390 GWh an Energieträgern für die Wärmeerzeugung. Der Nettoeffekt im Sinne einer leichten Energieeinsparung durch die Hausvernetzung ist damit nicht sehr ausgeprägt, vor allem, wenn man die großen Unsicherheiten berücksichtigt, die dieser relativ groben Abschätzung anhaften.

Insgesamt lässt sich damit feststellen, dass die Hausvernetzung nach heutigem Wissensstand wohl kein Treiber zur Erhöhung der Energieeffizienz sein wird. Die möglichen Netto-Energieeinsparungen werden eher ein positiver Nebeneffekt sein, wenn durch die Hausvernetzung eine optimale Regelung der Wärmeversorgung bewirkt wird, die es ohne diese Entwicklung nicht gegeben hätte.

2.6 Zusammenfassende Übersicht

Nach der hier durchgeführten Bottom-up-Analyse der Einzelgeräte liegt der gesamte Strombedarf für den Einsatz von IuK-Technologien in Haushalten und Büros in Deutschland im Jahr 2001 bei rund 38 TWh (vgl. Tabelle 2-1). Dies entspricht einem Anteil von immerhin knapp 8 % am gesamten Stromverbrauch der Endenergiesektoren in Deutschland, der 2001 bei 484 TWh gelegen hat (AGEB 2002). In Bezug auf den gesamten Endenergiebedarf bedeuten die 38 TWh einen Anteil von 1,4 %. Bis 2010 wird mit einem weiteren Anstieg des Strombedarfs für IuK-Technologien um rund 45 % auf 55,4 TWh gerechnet. Dies entspricht einem jährlichen Wachstum von 4,3 %. Legt man den von Prognos/EWI (1999) für 2010 prognostizierten gesamten Stromverbrauch von 520 TWh zu Grunde, läge der Anteil des Strombedarfs für IuK-Zwecke im Jahr 2010 damit bereits bei knapp 11 %.

Tabelle 2-1 zeigt die Entwicklung des Strombedarfs für IuK-Zwecke nach Nutzungsbereichen und Betriebsmodi, die im Folgenden erläutert wird.

Tabelle 2-1: Übersicht über die Entwicklung des Strombedarfs für IuK-Geräte und zugehörige Infrastruktur in Haushalten und Büros in Deutschland zwischen 2001 und 2010

2001	Strombedarf (GWh)			
	Normalbetrieb	Bereitschaftsbetrieb	Schein-Aus	Summe
IuK-Endgeräte in Haushalten	10279	6987	1849	19115
IuK-Endgeräte in Büros	4575	2584	628	7787
Haushalts-Infrastruktur	1102	2108	192	3402
Büro-Infrastruktur	5153	273	0	5425
Infrastruktur Telekommunikation	2250	0	0	2250
Gesamt	23359	11951	2669	37979

2005				
IuK-Endgeräte in Haushalten	13269	7855	1735	22858
IuK-Endgeräte in Büros	4330	2759	516	7604
Haushalts-Infrastruktur	2363	2146	186	4695
Büro-Infrastruktur	7454	273	0	7726
Infrastruktur Telekommunikation	3560	0	0	3399
Gesamt	30975	13032	2436	46282

2010				
IuK-Endgeräte in Haushalten	15296	7708	1459	24463
IuK-Endgeräte in Büros	4463	2687	479	7629
Haushalts-Infrastruktur	4060	2212	156	6428
Büro-Infrastruktur	10829	273	0	11101
Infrastruktur Telekommunikation	5803	0	0	5803
Gesamt	40451	12880	2094	55425

Energiebedarf nach Nutzungsbereichen

Im Jahr 2001 wird der Energiebedarf für IuK-Zwecke eindeutig von den Endgeräten in Haushalten dominiert, auf die rund die Hälfte des gesamten Stromverbrauchs der IuK-Technik entfällt. Diese Dominanz wird sich aber in den kommenden Jahren abschwächen, da das größte Wachstum nicht bei den IuK-Endgeräten – hier gibt es bei den Haushalten einen Anstieg um knapp 30 %, im Bürobereich geht der Verbrauch sogar leicht zurück – sondern bei der IuK-Infrastruktur liegt. Bei der Haushalts-Infrastruktur wird ein Anstieg des Strombedarf bis 2010 um 90 %, bei der Büro-Infrastruktur mehr als eine Verdoppelung und bei der Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen sogar ein Anstieg um mehr als 150 % erwartet. Diese extreme Zunahme ist eindeutig auf die anstehende Einrichtung der UMTS-Mobilfunknetze zurückzuführen, die einen noch höheren Strombedarf aufweisen als die bestehenden GSM-Netze. Den weitaus größten Anteil am Bedarfszuwachs der Büro-Infrastruktur haben die Server, die sowohl im Bestand als auch in der durchschnittlichen Leistungsaufnahme pro Gerät deutlich zunehmen werden¹¹. Der etwas moderater ausfallende Anstieg des Strombedarfs im Bereich der Haushalts-Infrastruktur ist sowohl auf die Fernseher-Infrastruktur (insbesondere auf die Zunahme digitaler Set-top-Boxen) als auch auf die Internet-Infrastruktur (insbesondere die Zunahme der breitbandiger Internet-Anschlüsse) zurückzuführen. Der bis 2010 erwartete leichte Rückgang des Strombedarfs der Büro-Endgeräte ist vor allem auf die Technologiesubstitution von Kathodenstrahl-Monitoren durch die deutlich energieeffizienteren LCD-Monitore sowie die Substitution von Desktop-PCs durch die ebenfalls effizienteren Notebooks zurückzuführen. Im Bereich der Haushalts-Endgeräte wächst in erster Linie noch der Strombedarf für Fernseher (vor allem bedingt durch längere Nutzungszeiten im Normal- und Bereitschaftsbetrieb und den Trend zu Geräten mit großen Bildschirmen und höheren Bildabtastraten) und Video-Aufzeichnungsgeräte (bedingt durch die zunehmende Verbreitung von DVD-Geräten, die die konventionellen Videorekorder jedoch nur langsam substituieren werden) sowie für Personalcomputer (bedingt durch den Einsatz immer leistungsfähigerer Geräte mit einer höheren Leistungsaufnahme sowie längere Nutzungszeiten).

¹¹ Nicht in dieser Untersuchung berücksichtigt wurde der in diesem Zusammenhang ebenfalls relevante Energiebedarf durch Anlagen für die Klimatisierung von Server-Räumen, da es sich hier nicht um direkte IuK-Geräte handelt. In der Literatur wird eine Spanne von 20 bis 50 % des Energiebedarfs der Server genannt, der zusätzlich für Klimatisierung aufgewendet werden muss (Roth et al. 2002; Koomey et al 1999). Geht man für Deutschland von einem eher vorsichtig geschätzten Wert von 25 % des Bedarfs für IT-Geräte aus und unterstellt, dass ein kleiner Teil der einfachen Server nicht in klimatisierten Räumen betrieben wird, dann kommen für die Klimatisierung im Jahr 2001 nochmals rund 930 GWh zu den o. g. Werten hinzu; im Jahr 2005 sind es bereits 1890 GWh und im Jahr 2010 3 TWh.

Energiebedarf in den verschiedenen Betriebsmodi

Der Zuwachs des Energiebedarfs wird in erster Linie durch den Normalbetrieb verursacht. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die meisten der in den beiden am stärksten wachsenden Verbrauchsbereichen – der Büro-Infrastruktur und der Infrastruktur der Telekommunikationsgeräte – eingesetzten IuK-Geräte und -Anlagen wie Server oder Mobilfunkanlagen nahezu ausschließlich im Normalbetrieb laufen.

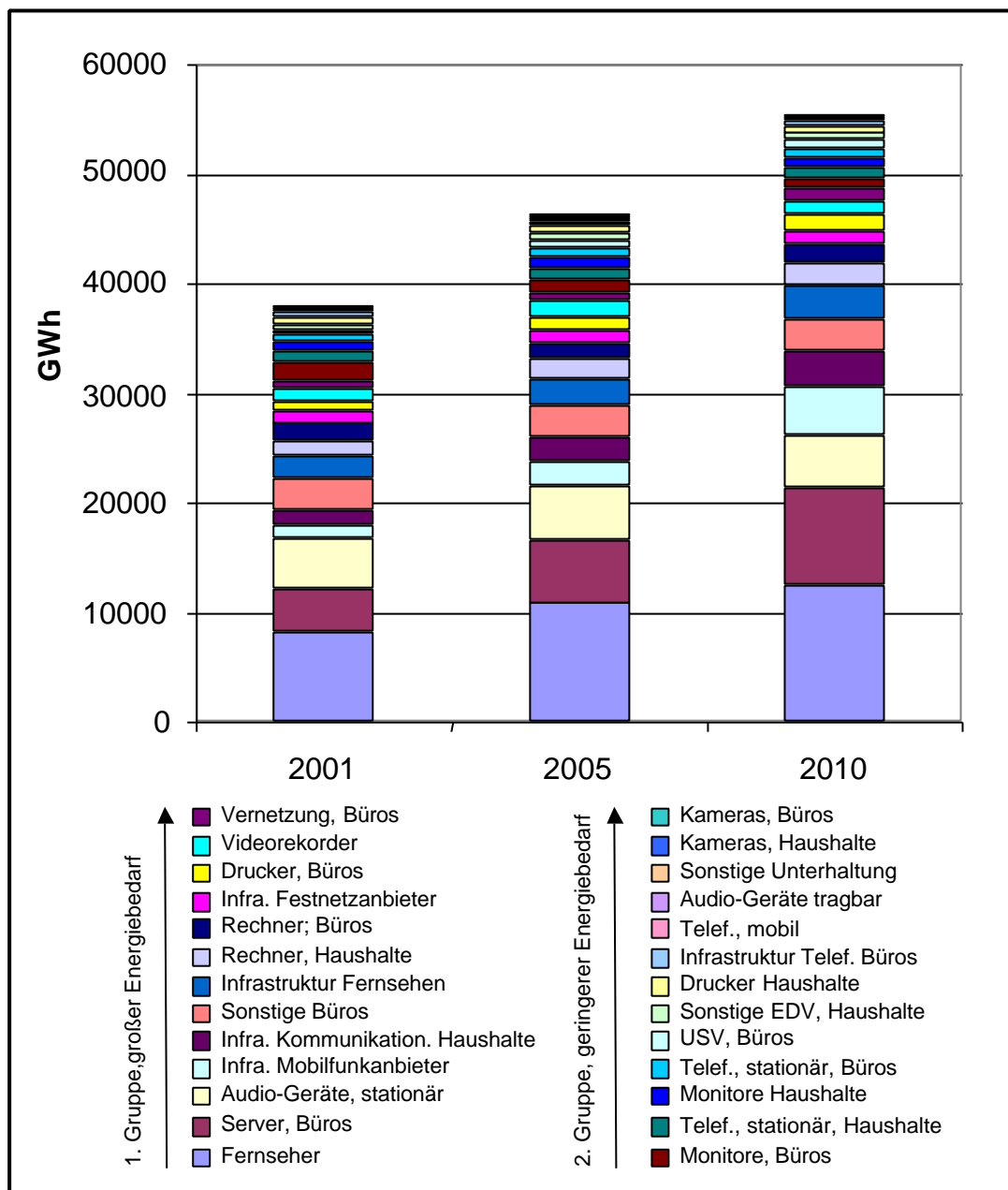
In den Nutzungsbereichen, in denen der Bereitschaftsbetrieb einen hohen Anteil am gesamten Strombedarf aufweist, nämlich bei den IuK-Endgeräten und der Haushalts-Infrastruktur, ist zumindest bis 2005 noch ein deutlicher Zuwachs zu verzeichnen. Insgesamt steigt der Energiebedarf in diesem Modus von 2001 bis 2005 um 9,0 %. In der zweiten Hälfte der Dekade ergibt sich nach den Berechnungen dagegen ein marginaler Rückgang um 1,2 % bzw. 0,2 % pro Jahr. Dies ist auch ein Ergebnis der bereits unternommenen Bemühungen um die Steigerung der Energieeffizienz, die sich speziell auf diesen Betriebszustand konzentrieren (vgl. Kapitel 6). Der lediglich marginale Rückgang zeigt allerdings deutlich, dass deren Wirkung nicht ausreicht, um den Strombedarf für den Bereitschaftsbetrieb wirklich signifikant zu senken.

Nur der im Schein-Aus-Zustand verursachte Strombedarf nimmt im Betrachtungszeitraum von 2001 bis 2010 deutlich um 21,6 % ab. Der Großteil dieser Verbrauchsminderung wird allerdings nicht durch eine explizite Steigerung der Effizienz erreicht, sondern vor allem dadurch, dass bei einigen Geräten, darunter insbesondere bei Fernsehern, der Schein-Aus-Zustand bis zum Jahr 2010 durch einen Bereitschaftsbetrieb substituiert wird. Dies ist eine Wirkung neuer Nutzungskonzepte, die sich zum Beispiel durch Digital-Video-Broadcasting ergeben. Abgesehen davon ist auch ein Schein-Aus-Verlust von immer noch rund 2,1 TWh (oder knapp 0,5 % des erwarteten Gesamtstromverbrauchs) im Jahr 2010 aus Gesichtspunkten der Energieeffizienz als zu hoch einzuschätzen und letztlich überflüssig.

Energiebedarf nach Geräteklassen

Die Untersuchung des Energiebedarfs der IuK-Technik nach den betrachteten Geräteklassen zeigt, dass sich ab dem Jahr 2005 über die Hälfte des Energiebedarfs auf vier Geräteklassen und über 80 % auf 10 von 26 Geräteklassen verteilt (vgl. Abbildung 2-4).

Abbildung 2-4: Energiebedarf der IuK-Technologie nach Geräteklassen



Die drei Geräteklassen mit dem größten Energiebedarf – Fernseher, Server in Büros und Audiogeräte - hatten ihre dominierende Rolle bereits im Jahr 2001 inne und behalten diese auch über den gesamten Betrachtungszeitraum. Die Bedeutung der Infrastruktur der Mobilfunkanbieter und der Kommunikations-Infrastruktur in Haushalten nimmt dagegen stark zu. Bei ersterer macht sich, wie bereits oben erläutert, der Ausbau der UMTS-Netze bemerkbar; in den Haushalten wirkt vor allem der Ausbau der Breitband-Anschlüsse und der dabei verwendeten Geräte steigend auf den Energiebedarf.

3 Optionen und Potenziale zur Energieeinsparung bei IuK-Technologien

Für die Untersuchung der Einsparoptionen und Einsparpotenziale bei IuK-Technologien ist es sinnvoll, von den drei Betriebszuständen – Normalbetrieb, Bereitschaftsbetrieb und Schein-Aus-Zustand – auszugehen. Dabei lassen sich für den Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb generelle Aussagen für einen großen Teil der IuK-Geräte machen, die diese Betriebszustände aufweisen, während für den Normalbetrieb die technischen Gegebenheiten so unterschiedlich sind, dass die Analyse nur gerätebezogen erfolgen. Neben technischen Optionen und Potenzialen zur Energieeinsparung können im IuK-Bereich auch verhaltensbezogene Einsparmöglichkeiten eine Rolle spielen, wie beispielsweise Änderungen im Nutzungsverhalten von Bürogeräten (z. B. konsequentes Abschalten der Geräte außerhalb der Arbeitszeiten oder häufigeres Versetzen von PCs, Monitoren, Druckern oder Kopierern in einen Bereitschaftsbetrieb) oder in den Haushalten genutzten IuK-Geräten (z. B. konsequente Nutzung des Ausschalters, soweit vorhanden, oder auch Nutzung schaltbarer Steckdosenleisten). Grundsätzlich sind technische Einsparpotenziale bei elektrischen und elektronischen Geräten als deutlich wirksamer einzuschätzen als verhaltensbedingte (Brohmann et al. 2000; Böde et al. 2000b), so dass hier der Schwerpunkt der Analyse auf der Technik liegt.

Optionen und Potenziale im Schein-Aus-Zustand

Für den Schein-Aus-Zustand lässt sich per definitionem aussagen, dass die technische Möglichkeit besteht, den hier anfallenden Strombedarf völlig zu vermeiden. Denn Schein-Aus wurde hier als der Zustand definiert, in dem Geräte durch einen Schalter „aus“geschaltet werden, keinerlei Funktion mehr erfüllen und dennoch einen Bedarf an elektrischer Energie aufweisen. Damit liegt das grundsätzliche Einsparpotenzial hier beim gesamten in diesem Betriebsmodus verursachten Strombedarf. Dieser sinkt zwischen 2001 und 2010 von knapp 2,7 auf 2,1 TWh (Tabelle 2-1), so dass auch das Einsparpotenzial um rund ein Viertel zurückgeht. Dennoch ist auch dieser Verbrauch letztendlich überflüssig und sollte weiter reduziert bzw. vollständig vermieden werden.

Dazu bestehen mehrere Optionen:

- Die Schein-Aus-Verluste können zum einen durch Verhaltensmaßnahmen auf Seiten der Nutzer gemindert werden. Zu nennen ist hier vor allem die Anschaffung und regelmäßige Nutzung einer schaltbaren Steckdosenleiste, mit der die Geräte vollständig ausgeschaltet werden können.¹² Die (einmaligen) Anschaf-

¹² Die von Herstellern gelegentlich empfohlene Option, die Geräte bei längeren Nutzungspausen durch das Ziehen des Netzsteckers vom Stromnetz zu trennen, verursacht zwar beim Nutzer keine Kosten. Sie erscheint aber eher unpraktikabel.

fungskosten für den Nutzer liegen hier bei ca. 5 € die (jährliche) Einsparung an Stromkosten je nach Gerät zwischen 0,25 und knapp 4 €. Wenn man nur ein Gerät an die Leiste anschließt, liegt die Amortisationsdauer dieser Maßnahme damit zwischen 1,5 und 20 Jahren. Deutlich höhere Stromkosten lassen sich aber einsparen, wenn man an einer Leiste mehrere Geräte betreibt, beispielsweise eine Stereoanlage aus Einzelgeräten oder ein komplettes Computersystem, bestehend aus PC, Drucker und Monitor. Audio-Geräte in Haushalten und Computer mit Peripheriegeräten in Haushalten und Büros stellen damit auch die wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten für diese Option dar.

- Natürlich kann der Schein-Aus-Verlust auch durch den herstellerseitigen Einbau von netztrennenden Schaltern vermieden werden. Hauptgrund für den von den Herstellern bevorzugten Einbau von Schaltern auf der Niederspannungsseite, sind deren geringeren Kosten. Zwar konnten keine genauen Herstellerpreise für Netzschalter ermittelt werden, aber die durchgeführten Recherchen legen nahe, dass die Mehrkosten für einen netztrennenden Schalter je nach geschalteter Maximalleistung nicht höher als 2,50 € und in den meisten Fällen eher um 1 € liegen dürften. Damit wäre diese Option aus volkswirtschaftlicher Sicht kostengünstiger als die Anschaffung der – teureren – Steckdosenleisten durch die Nutzer.

Optionen und Potenziale im Bereitschaftsbetrieb

Ein völliges Abschalten von elektronischen Geräten ist bei vielen IuK-Geräten mit Komforteinbußen – z. B. der Verzicht auf das Inbetriebsetzen über die Fernbedienung – verbunden oder es ist nicht angeraten, weil Geräteeinstellungen wie die einer internen Uhr oder die Programmebelegung verloren gehen. Zukünftig könnte bei digitalen Dienstleistungen, die über Multimediageräte bereitgestellt werden, auch ein permanenter Datenaustausch mit dem Internet stattfinden, der einem völligen Abschalten entgegensteht. Für solche Geräte ist die Ausrüstung mit energieeffizienten Schaltungen für die Stromversorgung im Bereitschaftsbetrieb die wichtigste Einsparoption. Wenn Geräte mit Schaltnetzteilen mit einer separaten Schaltung für den Bereitschaftsbetrieb ausgerüstet sind, lässt sich die Leistungsaufnahme auf unter 0,5 W senken, sofern lediglich wenig aufwändige Funktionen wie eine interne Uhr oder die Erhaltung eines Programmspeichers erfüllt sein müssen. Wenn während des Bereitschaftsbetriebes noch weitergehende Funktionen abgedeckt werden, lässt sich allein mit angepassten Netzteilen der Energiebedarf nicht auf so niedrige Werte senken.

Zur Abschätzung der Einsparpotenziale im Bereitschaftsbetrieb wurden im Berechnungsmodell die Annahmen zur durchschnittlichen elektrischen Leistungsaufnahme in diesem Betriebszustand modifiziert. Je nach Geräteart wurden dabei unterschiedliche erreichbare Leistungswerte für Neugeräte angenommen. Bei Geräten mit einfachen Bereitschaftsfunktionen wurde generell eine Leistungsaufnahme von

0,5 W für erreichbar gehalten, bei solchen mit komplexeren Bereitschaftsfunktionen entweder Best-Practice-Beispiele verwendet oder eigene Schätzungen vorgenommen. Auch die jeweiligen Austauschraten des Bestands durch Neugeräte wurden dabei berücksichtigt. Tabelle 3-1 zeigt die auf dieser Grundlage ermittelten Einsparpotenziale im Bereitschaftsbetrieb bis 2010. Insgesamt wird das Potenzial im Jahr 2010 auf rund 4 TWh und damit auf knapp ein Drittel des gesamten Strombedarfs in diesem Betriebsmodus geschätzt. Von den 4 TWh entfallen rund drei Viertel auf den Bereich der Haushalts-Endgeräte, der Rest etwa gleich verteilt auf Büro-Endgeräte und die Haushalts-Infrastruktur.

Tabelle 3-1: Einsparpotenziale durch Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb (GWh pro Jahr)

	<i>2005</i>	<i>2010</i>
IuK-Endgeräte in privaten Haushalten	2090	3080
Audio-Geräte	540	860
Fernseher, Videorekorder	960	1250
Telefonie	230	320
Computer und Peripheriegeräte	210	400
Sonstige Geräte	150	250
Infrastruktur in Haushalten	260	490
Fernseher-Infrastruktur	140	310
Internet-/Telefon-Infrastruktur	120	180
IuK-Endgeräte in Büros	260	450
Telefonie	100	190
Computer und Peripheriegeräte	80	170
Sonstige Geräte (v.a. Kopierer)	80	90
Einsparpotenzial im Bereitschaftsbetrieb insgesamt	2610	4020

Quelle: Eigene Berechnungen

Optionen und Potenziale im Normalbetrieb

Während für Einsparoptionen und –potenziale im Schein-Aus- und Bereitschaftsbetrieb generelle Aussagen für einen großen Teil der IuK-Geräte getroffen werden können, ist beim Normalbetrieb wegen der völlig unterschiedlichen technischen Voraussetzungen eine detaillierte Analyse der einzelnen Geräteklassen erforderlich. Für den Normalbetrieb wurden daher in erster Linie diejenigen Gerätearten betrachtet, die einen bedeutenden Anteil am Energiebedarf in diesem Betriebszustand aufweisen. Eine gute Möglichkeit, Einsparpotenziale abzuschätzen, besteht darin, Best-Practice-Geräte zu identifizieren. Sofern deren Nutzleistung genauso groß ist wie die der bestandsüblichen Geräte, kann die Differenz des spezifischen Leis-

tungsbedarfs pro Gerät und Jahr als Einsparpotenzial für den Bestand gewertet werden.

Im Einzelnen wurden in dieser Studie folgende relevante Einsparpotenziale für den Normalbetrieb identifiziert:

- *Fernseher*: im Jahr 2005 1 TWh und bis 2010 knapp 3 TWh pro Jahr durch starke Substitution von Kathodenstrahl- durch LCD-Fernseher oder knapp 1 TWh durch eine stärkere Marktdurchdringung mit marktbesten Geräten, wenn die Kathodenstrahl-Geräte weiterhin dominieren.
- *Server*: rund 50 bis 60 GWh pro Jahr durch das nächtliche Abschalten von Servern.
- *Mobilfunk-Infrastruktur*: Einsparmöglichkeiten durch Verminderung des Energieaufwands für Klimatisierung und Lüftung in den Basisstationen sowie eine weitmögliche Geringhaltung der Anzahl an Basisstationen.
- *Personal Computer*: Gut 600 GWh infolge der Annäherung an die geringere Leistungsaufnahme von Notebooks durch die Verwendung mobiler Prozessoren, die allerdings deutlich teurer sind als die stationären Gegenstücke.
- *Internet- und Telefon-Infrastruktur in Haushalten*: Einsparungen von rund 80 GWh im Jahr 2005 und rund 220 GWh im Jahr 2010 durch verbessertes Energiemanagement bei DSL-Routern.
- *Monitore*: Deutliche Einsparmöglichkeiten durch die Substitution von Kathodenstrahl- durch die energieeffizienteren LCD-Bildschirme, die bei einer vollständigen Substitution sowohl in Haushalten als auch in Büros im Jahr 2010 bei insgesamt rund 1 TWh liegen würden. Die Ausschöpfung dieses Potenzials ist allerdings nur bei einer erheblichen Verringerung der Preise für LCD-Monitore in den kommenden Jahren erreichbar.

4 Entwicklung eines Frühwarnsystems für den Energiebedarf der Informations- und Kommunikationstechnik

Die Informations- und Kommunikationstechnologie hat sich in den letzten zwanzig Jahre in einem enormen Tempo entwickelt und ist dabei häufig von den prognostizierten Entwicklungspfaden abgewichen. So herrschte in der Computerindustrie lange Zeit die Auffassung, dass es keinen Markt für Einzelplatzcomputer gebe. Und als 1992 der digitale Mobilfunk über die D-Netze eingeführt wurde, hat wohl kaum jemand damit gerechnet, dass im Jahr 2001 fast 50 Millionen Menschen in Deutschland den Mobilfunk nutzen würden. Die Innovationsrate in der IuK-Branche ist unvermindert hoch, so dass Prognosen für den Energieverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien mit noch größeren Unsicherheiten behaftet sind als in anderen Bereichen.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieser Untersuchung ein dynamisiertes Frühwarnsystem entwickelt, mit dessen Hilfe sich abzeichnende Trends in der Informations- und Kommunikationstechnologie frühzeitig aufgegriffen und deren Einfluss auf den Energiebedarf im IuK-Bereich abgebildet werden kann. Zu diesem Zweck wurde eine Cross-Impact-(CI-)Matrix aufgebaut, die den IuK-Gerätegruppen bzw. Anlagen der IuK-Infrastruktur in Haushalten und Büros die wesentlichen energiebedarfsbestimmenden Faktoren gegenüberstellt. Diese bedarfsbestimmenden Größen können entweder auf den Bestand, die spezifische Leistungsaufnahme oder die Nutzungsintensität der Geräte und Anlagen wirken.

Als wichtigste **bestandsrelevante Einflussfaktoren** wurden identifiziert:

- Die *Individualisierung*, d. h. ein bei vielen IuK-Geräten zu beobachtender Trend zum persönlichen Besitz und/oder zur personenbezogene Nutzung, der tendenziell bestands- und damit auch energieverbrauchserhöhend wirkt. Aktuelle Beispiele für diese Entwicklung sind Geräte wie das Mobiltelefon, der Notebook-Computer oder die PDA mit hohen Zuwachsraten im Bestand. Im Bürobereich ist die Individualisierung bei PCs schon seit längerer Zeit weitgehend vollzogen, womit sich das Konzept des "Personal Computers" gegenüber der Nutzung von Großrechnern in Verbindung mit Terminal-Plätzen durchgesetzt hat. Bei Druckern hingegen hat sich in vielen Büros der umgekehrte Trend zu Netzwerkdruckern in Arbeitsgruppen durchgesetzt
- *Vermarktungsmodelle*, von deren Ausgestaltung die Geschwindigkeit der Marktdurchdringung neuer IuK-Technologien entscheidend abhängen kann. Modelle, bei denen die Geräte nicht über den Kaufpreis, sondern über Nutzungsgebühren finanziert werden, können die Marktdurchdringung beschleunigen, da die für potenzielle Nutzer gerade bei neuen, unbekanntem Technologien oftmals abschreckend wirkenden hohen Anschaffungskosten wegfallen oder zumindest deutlich gesenkt werden. Für die Anbieter sind solche Vermarktungsmodelle vor allem dann interessant, wenn nach hohen Investitionen in den Auf-

bau einer neuen Infrastruktur schnell ein Kundenstamm aufgebaut werden soll (wie im Fall des Mobilfunks) oder wenn der Markteintritt von Mitbewerbern, die eine Konkurrenztechnologie anbieten, erschwert werden soll (vgl. hierzu die Vermarktung von ADSL durch die Deutsche Telekom). Auch solche Vermarktungsmodelle bewirken tendenziell eine Bestandserhöhung. Die daraus resultierende Erhöhung des Energiebedarfs kann jedoch dadurch moderater ausfallen, dass gerade bei sehr aggressiven Vermarktungsmodellen in den vergangenen Jahren das Phänomen einer „Nutzungslücke“ beobachtet wurde. D. h., Geräte wurden zwar dank der niedrigen Investitionskosten angeschafft, aber im Laufe der Zeit nur noch sehr wenig genutzt, so dass sie sich überwiegend im Bereitschafts-, Schein-Aus- oder sogar im Aus-Zustand befinden. Ein aktuelles Beispiel für diese Entwicklung ist das Mobiltelefon.

Als wichtigste **leistungsrelevante Einflussfaktoren** lassen sich nennen:

- Der *Trend zu mobilen Geräten* wirkt tendenziell mindernd auf die elektrische Leistungsaufnahme. Denn der Energieverbrauch ist bei solchen Geräten ein wichtiges Qualitätskriterium, da er für die netzunabhängige Nutzungsdauer bestimmend ist.
- Das Entwicklungstempo von *Akkutechnologien* für mobile Geräte konnte bisher nicht mit dem bei der restlichen Hard- und Software mithalten. Dies wirkte sich insofern energiebedarfsmindernd aus, als von der durch die begrenzte Akkukapazität limitierten Betriebsdauer ein Anreiz zur Entwicklung und Herstellung stromsparender mobiler Geräte ausging. Ein Durchbruch bei der Entwicklung von Akkutechnologien mit einer stark gesteigerten Energiedichte¹³ könnte diesen Trend jedoch umkehren; d. h., bei substanziellen Verbesserungen der Akkutechnologien könnte sich die elektrische Leistungsaufnahme mobiler Geräte wieder erhöhen.
- Die hohe Innovationsrate im IuK-Bereich führt nicht selten zu einer *Technologiesubstitution*, durch die die elektrische Leistungsaufnahme von Geräten oft deutlich reduziert wird. Ein wichtiges Beispiel sind der Röhrenmonitor und der deutlich energieeffizientere Flachbildschirm. Eine ähnliche Wirkung kann mittel- bis langfristig von der Substitution konventioneller Elektronik durch nanotechnologische Lösungen ausgehen, bei denen Schaltvorgänge mit immer kleineren Ladungsmengen durchgeführt werden und somit auch weniger Abwärme produzieren. Erste marktreife Produkte werden hier in den Jahren zwischen 2005 und 2010 erwartet (vgl. Friedewald et al. 2002).
- Die Erhöhung der *Integrationsdichte der Geräte*, d. h. das Zusammenfassen von Funktionalitäten auf einer einzelnen Einheit (in der Regel einer Platine), geht der

¹³ Erreicht werden könnte dies möglicherweise durch mobile Brennstoffzellen. Inwieweit Brennstoffzellen in Verbindung mit einem Wasserstoffspeicher eine tatsächlich längere Betriebsdauer ermöglichen, ist aber derzeit noch schwer zu beurteilen.

Regel auch mit einem geringeren Energieverbrauch einher. Daneben können auch mehrere Funktionen in einem Multifunktionsgeräte zusammengefasst werden, was punktuell Vorteile bietet (wie z. B. die Kombination aus Mobiltelefon und PDA, Fax und Drucker oder Telefon und Anrufbeantworter).

Als wichtiger **nutzungsrelevanter Einflussfaktor** lassen sich vor allem neue *Dienstleistungsvarianten* nennen, die die Nutzungsstruktur von IuK-Geräten verändern, und zwar im Regelfall im Sinne einer Erhöhung. Beispiele sind hier die „Flatrate“ für die Internetnutzung oder UMTS-Dienste, die dem Nutzer permanent Informationen über seinen Standort liefern (z. B. über Restaurants oder Kultureinrichtungen in der Nähe) und einen dauerhaften Datentransfer zwischen Endgerät und Basisstation erfordern.

Die in den Tabellen 4-1 bis 4-3 dargestellte Cross-Impact-Matrix für die Endgeräte in privaten Haushalten und Büros sowie die IuK-Infrastruktur stellt den in den Zeilen angeordneten Gerätegruppen in den Spalten die oben beschriebenen Einflussfaktoren gegenüber. Sie werden in der CI-Matrix direkt in ihren Auswirkungen auf den Energiebedarf kodiert. Die Werte +1 bis +3 stehen dabei für energiebedarfssteigernde, die Werte –1 bis –3 für energiebedarfsenkende Wirkungen, wobei dem Betrag 3 jeweils die stärkste Wirkung zuzuordnen ist. Der Wert 0 beinhaltet keine nennenswerten Auswirkungen auf den Energiebedarf.

Die bisher in die Cross-Impact-Matrix eingetragenen Werte spiegeln die Einschätzung der Autoren wider und sollen sowohl dazu dienen, die Durchführbarkeit der Methode zu testen als auch dazu, die Plausibilität der in Kapitel 2 ermittelten Ergebnisse mittels eines alternativen methodischen Ansatzes zu überprüfen. Die Auswertung der CI-Matrix erfolgt über die Aufsummierung der Zeilen und Spalten. Die Zeilensummen geben Aufschluss darüber, bei welchen Gerätearten eine wesentliche Veränderung des Energiebedarfs zu erwarten ist. Die Spaltensummen geben Hinweise darauf, welche der aggregierten Triebkräfte als besonders wirkungsvoll achtet werden.

Unter den *Endgeräten in Haushalten* (Tabelle 4-1) werden insbesondere bei Fernsehern, Kameras, Spielkonsolen, PCs und Mobiltelefonen deutliche Hinweise für eine Steigerung des Energiebedarfs gesehen. Lediglich bei den Mobiltelefonen widerspricht dies dem im Berechnungsmodell ermittelten Ergebnis, wonach bei den Mobilfunk-Endgeräten der Strombedarf zurück geht (vgl. Anhang A1.1). Hier wurde vermutlich unterschätzt, dass der vom Ausbau des Mobilfunks verursachte Energiebedarf überwiegend im Bereich der Infrastruktur anfällt. Unter den hinter dieser Entwicklung stehenden Triebkräften wurde die Veränderung der Nutzleistung und die Individualisierung als am stärksten bewertet. Die Effekte der Technologiesubstitution sind ambivalent, so dass sich in der CI-Matrix ein Wert von Null

einstellt, der keine klare Aussage zulässt. Reduzierend auf den Energiebedarf wirkt der Trend zu mobilen Geräten und die verstärkte Integrationsdichte von Geräten.

Tabelle 4-1: CI-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf von IuK-Endgeräten in Haushalten

	Individualisierung	Vermarktungsmodelle	Veränderungen der Nutzleist.	Trend zu mobilen Geräten	Akkutechnologien	Technologiesubstitution	Integrationsdichte der Geräte	Dienstleistungsvarianten	Zeilensummen
Stationäre Audio-Geräte	0	0	+1	-	0	0	0	+1	+2
Tragbare Audio-Geräte	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1
Fernseher	+1	0	+3	0	0	-2	0	+1	+3
Videorekorder	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kameras	+1	0	+1	-	+2	+2	-1	0	+5
Spielkonsolen	0	+1	+3	0	0	0	0	+1	+5
Festnetz-Telefon	+1	+1	0	-1	0	+1	+1	0	+3
Mobiles Telefon	+1	+3	+2	-	+3	+1	-1	+1	+10
Sonstige Geräte Kommunikation	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-3
Rechner/Computer	+2	0	+2	-2	+1	0	-1	+2	+4
Monitor	+2	0	+1	-2	0	-1	0	+1	+1
Drucker	+1	+1	0	0	0	+1	0	0	+3
Sonstige Geräte IT	0	0	0	-1	0	0	-1	0	-2
Spaltensummen	+9	+6	+13	-6	+6	0	-4	+6	

Tabelle 4-2: CI-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf von IuK-Endgeräten in Büros

	Individualisierung	Vermarktungsmodelle	Veränderungen der Nutzleist.	Trend zu mobilen Geräten	Akkutechnologien	Technologiesubstitution	Integrationsdichte der Geräte	Dienstleistungsvarianten	Zeilensummen
Kameras	0	0	+1	-	+2	+2	-1	0	+4
Festnetz-Telefon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobiles Telefon	+1	0	+3	-	+3	+2	-2	+1	+8
Rechner/Computer	+1	0	+1	-3	+2	0	0	+1	+2
Monitore	+1	0	+1	-3	0	-2	0	0	-3
Drucker	-1	0	0	0	0	+1	-1	0	-1
Kopierer	0	0	0	0	0	-1	-1	0	-2
Spaltensummen	+2	0	+6	-6	+7	+2	-5	+2	

Tabelle 4-3: CI-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf durch die IuK-Infrastruktur

	Individualisierung	Vermarktungsmodelle	Veränderungen der Nutzleist.	Trend zu mobilen Geräten	Akkutechnologien	Technologiesubstitution	Integrationsdichte der Geräte	Dienstleistungsvarianten	Zeilensummen
Fernseher-Infrastruktur	+1	+1	0	0	0	+2	-1	+1	+4
Internet- u. Telefon-Infrastruktur in Haushalten	+2	+2	+1	+1	0	+1	-1	+2	+8
Computer-Netzwerk-Infrastruktur in Büros	0	0	+1	+1	0	0	-1	+1	+2
Telefon- u. sonstige Infrastruktur in Büros	0	0	0	0	0	0	+1	0	+1
Server	0	0	+3	+1	0	0	-1	+3	+6
Mobilfunk-Infrastruktur	+3	+1	+1	-	0	+3	0	0	+8
Festnetz-Infrastruktur	0	0	+1	-1	0	0	0	0	0
Spaltensummen	+6	+4	+7	+2	0	+6	-3	+7	

Bei den *Endgeräten in Büros* (Tabelle 4-2) wird die Wirkung der Triebkräfte insgesamt moderater eingeschätzt als bei den Haushalten und kompensieren sich energiebedarfssteigernd und –senkend wirkende Faktoren stärker. Rechnet man das starke Wachstum bei den Mobiltelefonen wiederum eher der Infrastruktur zu und blendet bei den Triebkräften die noch sehr unsichere Wirkung bei den Akkutechnologien aus, so ergibt sich in der CI-Matrix in der Summe einen Wert von Null, was im Ergebnissen der Projektionen für den Bereich der Büroendgeräte entspricht (vgl. Anhang A1.3).

Die Ergebnisse der CI-Matrix für die *Infrastruktur* (Tabelle 4-3) sind nicht direkt mit den Endgeräten vergleichbar, da hier einige Triebkräfte keine Rolle spielen und die Matrix damit weniger stark besetzt ist. Dennoch lassen sich auch hier deutliche Hinweise auf ein starkes Wachstum des Energiebedarfs bei den Bereichen Internet-Infrastruktur in Haushalten, Mobilfunk-Infrastruktur, Servern und bei der Fernseh-Infrastruktur in Haushalten ableiten. Geringe oder keine Veränderung des Energiebedarfs ergibt sich den Ergebnissen der CI-Matrix folgend bei Festnetz-Infrastruktur und bei der Infrastruktur in Büros (mit Ausnahme der Server).

Damit lässt sich feststellen, dass das hier entwickelte Frühwarnsystem in Form einer Cross-Impact Matrix grundsätzlich die Richtung der Ergebnisse widerspiegelt, die mit der Bottom-up-Analyse in Kapitel 2 ermittelt wurden. Damit kann das Frühwarnsystem als verwendbares Instrument zur Beobachtung des Energiebedarfs dieser Technologien eingeschätzt werden. Allerdings zeigen sich bei den in der CI-Matrix widergegebenen Einschätzungen in Teilaspekten auch andere Tendenzen als in den auf Basis der Einzelanalyse der Geräte entwickelten Projektionen. Die Differenzen, die auch darin begründet liegen, dass im Frühwarnsystem auch die Auswirkungen von unsicheren Triebkräften einbezogen wurden (wie substanzieller Verbesserungen bei den Akkutechnologien), belegen nicht zuletzt den eigenständigen Nutzen des alternativen methodischen Ansatzes. Zur weiteren Beobachtung der Entwicklung wird vorgeschlagen, dieses Frühwarnsystem zu einem späteren Zeitpunkt durch Experten neu ausfüllen zu lassen, um Veränderungen in dem sich extrem dynamisch entwickelnden Bereich der IuK-Technologie erfassen und bewerten zu können.

5 Energiepolitische Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz von IuK-Geräten

Grundsätzlich stehen der Energiepolitik sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene eine Reihe von Maßnahmen zur Beeinflussung des Energie- bzw. Stromverbrauchs im IuK-Bereich zur Verfügung, die heute schon teilweise angewandt oder zumindest diskutiert werden:

- *Ordnungsrechtliche Instrumente*, d. h. regulierende Vorschriften in Form von Ge- oder Verboten wie die Vorschreibung von Höchstverbrauchs- bzw. Mindesteffizienzstandards oder die Produktkennzeichnungspflicht.
- Der Einsatz *ökonomischer Instrumente* wie Steuern/Abgaben (z. B. ökologische Steuerreform), finanzielle Anreize (z. B. Subventionen für die Anschaffung besonders energieeffizienter Geräte) oder auch handelbare Emissionszertifikate.
- Instrumente der *Technologie- und Innovationspolitik* wie die F&E-Förderung der Energieeffizienz oder Beschaffungsaktivitäten (Procurement).
- Hinzu kommt ein breites Spektrum *informativischer, organisatorischer und freiwilliger Instrumente*, das Informationskampagnen, Energieverbrauchs-Label auf freiwilliger Basis, Beratungs- und Weiterbildungsprogramme, freiwillige Selbstverpflichtungen oder auch institutionelle Maßnahmen wie die Gründung von Energieagenturen oder Energieeffizienzfonds umfasst.

Politische Instrumente zur Beeinflussung des Energieverbrauchs von IuK-Geräten können dabei an verschiedenen Punkten der Produktkette von der Herstellung bis zur Endnutzung ansetzen und unterschiedlich effektiv im Hinblick auf die Zielerreichung sein (Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1: Mögliche Ziele der Energiepolitik zur Beeinflussung des Energieverbrauchs im IuK-Bereich und Zieleffektivität energiepolitischer Instrumente

	Vorschriften (Kennzeichnungspflicht, Standards)	Ökonomische Anreize	F&E-Förderung, Procurement	Freiwillige Maßnahmen (Kennzeichnung, Vereinbarungen)	Sonstige Information, Beratung, Fortbildung
Stimulierung neuer energieeffizienter Technologien	mittel	mittel	hoch	mittel	gering
Förderung der Herstellung energieeffizienter Produkte	hoch	mittel	mittel	mittel	gering
Förderung des Angebots energieeffizienter Produkte	hoch	mittel	mittel	mittel	mittel
Förderung des Kaufs energieeffizienter Produkte	hoch	mittel bis hoch	gering	mittel	mittel
Beeinflussung des Nutzungsverhaltens	gering	mittel	gering	gering	mittel bis hoch

Quellen: basierend auf Wiel/McMahon 2001 und Rath et al. 1999

Ordnungsrecht

Ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Beeinflussung des Energieverbrauchs von IuK-Geräten beziehen sich in erster Linie auf die gesetzlich vorgeschriebene Kennzeichnung des Energieverbrauchs sowie die Vorschreibung von Höchstverbrauchs- bzw. Mindesteffizienzstandards. In den meisten Ländern beziehen sich diese regulierenden Vorschriften jedoch nicht auf die hier untersuchten Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik, sondern auf Haushaltsgroßgeräte („Weiße Ware“), Lichtquellen, Geräte zur Raumklimatisierung, Motoren oder Heizkessel¹⁴. Ein Land, das auch für einzelne Geräte aus dem IuK-Bereich (Fernseher, Videorekorder, Fotokopierer, Computer) verbindliche Energieverbrauchs-Zielwerte festlegt, ist Japan.

Auch für Deutschland bzw. auf EU-Ebene¹⁵ wird von verschiedenen Seiten eine Ausdehnung der verpflichtenden Energielabel auf Geräte aus dem IuK-Bereich (insbesondere Fernseher, Videorekorder und Büroelektronik) sowie parallel dazu die Einführung von Mindesteffizienzstandards gefordert (z. B. Rath et al. 1999; Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung 2002). Auch die – technisch mögliche - vollständige Vermeidung der Schein-Aus-Verluste könnte auf ordnungsrechtlichem Weg geregelt werden. In ihrem aktuellen Klimaschutzprogramm (EU 2001) hat die EU bereits eine Reihe von Direktiven zur Reduzierung des Energieverbrauchs elektrischer und elektronischer Geräte angekündigt, die die rechtliche Grundlage für solche Maßnahmen bieten würden¹⁶.

Ökonomische Instrumente

Eine generelle preispolitische Maßnahme, die auch die Energieeffizienz von elektrischen Geräten im IuK-Bereich fördert, ist die Verteuerung des Strompreises durch Erhebung einer Energie-, CO₂- oder Öko-Steuer. Seit den 90er Jahren wurde eine solche Abgabe in einer Reihe von EU-Ländern auf nationaler Ebene eingeführt, so

¹⁴ Einen umfassenden weltweiten Überblick über den Einsatz von Energieeffizienz-Labels und Standards geben IEA 2000 sowie Wiel/McMahon 2001.

¹⁵ Da IuK-Geräte überwiegend europa- bzw. weltweit gehandelt werden, sind ordnungsrechtliche Maßnahmen in jedem Fall prioritär auf EU-Ebene anzugehen.

¹⁶ In Planung ist sowohl eine Rahmenrichtlinie zu Minimum-Effizienzstandards für elektrische und elektronische Endgeräte sowie die Revision der Rahmenrichtlinie 92/75/EC zur Energieverbrauchskennzeichnung, die eine Ausdehnung auf weitere Geräte ermöglichen würde. In Deutschland wurde mit dem neuen Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz vom 30. Januar 2002 (BGBl. I S. 570) bereits eine wichtige gesetzliche Grundlage für die Umsetzung weitergehender Regelungen auf EU-Ebene in nationales Recht geschaffen.

in Österreich, Dänemark, Belgien, Finnland, Deutschland, den Niederlanden, Schweden, UK sowie ebenfalls in Norwegen¹⁷.

Die Gewährung finanzieller Anreize für den Kauf energieeffizienter Geräte in Form von Rabatten, finanziellen Zuschüssen, Bonus-Malus-Systemen oder Steuerermäßigungen bezog sich bisher schwerpunktmäßig auf die elektrischen Haushalts-Großgeräte sowie auf die Beleuchtung und nicht auf Geräte aus dem IuK-Bereich. Grundsätzlich kann zwar mit finanziellen Anreizprogrammen, wenn sie zeitlich befristet und scharf zielgruppenausgerichtet sind, ein Energieeffizienz-Effekt erzielt werden (so z. B. Brunner et al. 2001, Wiel/McMahon 2001, Schломann et al. 2001). Wesentliche Nachteile finanzieller Anreizinstrumente sind die sehr hohen Kosten der Programme sowie die auftretenden Mitnahmeeffekte, die das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme erheblich beeinträchtigen können.

Der im Zusammenhang mit den sogenannten Kyoto-Instrumenten verstärkt diskutierte Einsatz handelbarer Emissionszertifikate dürfte nach derzeitigem Stand im Haushalts- und GHD-Sektor keine direkte Rolle spielen. Diese Sektoren werden wohl nur indirekt über die Stromerzeugungsseite betroffen sein, da eine direkte Verpflichtung dieser Sektoren auf Grund der hohen Transaktionskosten wenig praktikabel erscheint.

Technologie- und Innovationspolitik

Im Rahmen einer Forcierung der innovationsorientierten Technologiepolitik im Hinblick auf ein nachhaltiges Energiesystem, wie sie z. B. kürzlich von der Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung (2002) für Deutschland gefordert wurde, könnte die Förderung energieeffizienter IuK-Technologien (einschließlich der Vermeidung unnötiger Schein-Aus-Verbräuche) und hier insbesondere die Verwendung energieeffizienter Prozesstechnologie, in Zukunft ein wichtiges Feld für die F&E-Förderung in Deutschland darstellen.

Ein Instrument, das bei der Förderung energieeffizienter Geräte auch aus dem IuK-Bereich in den letzten Jahren bereits zunehmend zum Einsatz gekommen ist, ist das sogenannte Procurement. Darunter wird die gemeinschaftliche Beschaffung energieeffizienter Geräte durch öffentliche Einrichtungen (Public Procurement) oder private Nachfrager mit großem Marktvolumen (Co-operative Procurement) verstanden, entweder mit der Zielrichtung, neue effiziente Geräte überhaupt auf den Markt zu bringen (Technology Procurement) oder mit dem Ziel, den Marktanteil besonders effizienter Geräte zu erhöhen (Market Procurement). Pionier beim Einsatz von Technology Procurement zur Einführung energieeffizienter Technologien war

¹⁷ Einen Überblick und eine umfangreiche Kategorisierung und Beschreibung von Maßnahmen zur rationellen Energienutzung in den Endverbrauchssektoren in allen Ländern der Europäischen Union sowie Norwegen gibt die MURE Database (2002) (<http://www.mure2.com>).

Schweden. In der Folge kam das Instrument auch in anderen Ländern wie den Niederlanden, Finnland und den USA zum Einsatz (Wiel/McMahon 2001). Zu nennen sind hier auch die Aktivitäten der IEA, die im Rahmen ihres Demand-Side-Management-Programms¹⁸ Technology Procurement-Projekte für eine Reihe von Geräten und Komponenten (u. a. Kopiergeräte für Büros) gefördert hat.

Da bei vielen Geräten aus dem IuK-Bereich die technischen Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs heute schon bekannt sind und bei einzelnen Geräten auf dem Markt auch schon eingesetzt werden, dürfte dem Market Procurement, d. h. der Erhöhung des Marktanteils dieser Geräte durch gemeinschaftliche Beschaffungsaktionen, wohl noch größere Bedeutung zukommen. Die größten Potenziale für gemeinschaftliche Beschaffungsprojekte liegen hier bei den Bürogeräten, da ein großer Bedarf an Geräten besteht und ein relativ häufiger Geräteaus-tausch stattfindet. In den USA gibt es schon seit einigen Jahren Richtlinien für die Beschaffung energieeffizienter Produkte durch Regierungsstellen (Wiel/McMahon 2001). Auch in Dänemark (Mure 2002) und in der Schweiz gibt es öffentliche Beschaffungsaktivitäten für Bürogeräte (Aebischer/Huser 2002). In Deutschland gibt das Umweltbundesamt ein Handbuch zur Beschaffung umweltfreundlicher Produkte heraus (Umweltbundesamt 1999). Auf der Ebene der EU ist ebenfalls eine Initiative zum Public Procurement geplant (Europäische Kommission 2001).

Freiwillige Vereinbarungen

Freiwillige Vereinbarungen mit den Herstellern sind derzeit eine der vorherrschenden Maßnahmen zur Verminderung des Energieverbrauchs von IuK-Geräten. Da es sich bei diesen Geräten im Regelfall um EU- bzw. weltweit gehandelte Geräte handelt, laufen diese Vereinbarungen überwiegend auf der Ebene der Europäischen Union. Die derzeit bereits abgeschlossenen Vereinbarungen beziehen sich alle auf die Reduzierung der Stand-by-Verluste in der Unterhaltungselektronik:¹⁹

- eine Vereinbarung (negotiated agreement) zwischen der Europäischen Kommission und einzelnen Herstellern der Unterhaltungselektronik sowie des Europäischen Verbands der Unterhaltungselektronik-Hersteller (EACEM) zur Verminderung der Leerlaufverluste bei Fernsehern und Videorekordern aus dem Jahr 1997,
- eine weitere Vereinbarung (negotiated agreement) zwischen EU-Kommission und EACEM über die Stand-by-Verluste von Audio-Geräten im Jahr 2000,
- ein Code of Conduct über die Energieeffizienz digitaler TV-Systeme sowie

¹⁸ <http://dsm.iea.org>

¹⁹ Zu den Details dieser Vereinbarungen siehe http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/html/standby_initiative.htm

- ein weiterer Code of Conduct vom Juli 2000, der die Effizienz externer Netzteile (external power supplies) für elektronische und elektrische Geräte betrifft.

Die Beurteilung freiwilliger Vereinbarungen als Maßnahme zur Erhöhung der Energieeffizienz fällt kontrovers aus (vgl. z. B. Rennings et al. 1997; Kübler 1998; Rath et al., 1999). Gegenüber ordnungsrechtlichen Instrumenten wie Mindesteffizienzstandards bieten sie den Vorteil einer schnelleren und flexibleren Umsetzung und ggf. Anpassung der Zielwerte, was gerade im sich schnell verändernden IuK-Bereich von Bedeutung ist. Als weiterer Vorteil wird der geringere administrative Aufwand angesehen (Thomas 2001). Als wesentlicher Nachteil wird gesehen, dass die vereinbarten Ziele häufig zu schwach im Sinne der Erhöhung der Energieeffizienz ausfallen und eher das widerspiegeln, was schon erreicht ist bzw. in absehbarer Zeit auch ohne die Vereinbarung an Effizienzverbesserungen zu erwarten gewesen wäre. Betrachtet man die vereinbarten Zielwerte für Stand-by in den oben beschriebenen Selbstverpflichtungen, so ist festzustellen, dass technische Lösungen zur Reduzierung des Strombedarfs im Stand-by-Betrieb auf vielfach unter 0,5 W bereits in den 90er Jahre entwickelt wurden. Die vereinbarten Zielwerte hingegen liegen deutlich darüber. Weitere Probleme sind die rechtliche Unverbindlichkeit von Selbstverpflichtungen und die Kontrolle der Einhaltung der Zielwerte. Bei den oben genannten freiwilligen Vereinbarungen auf EU-Ebene ist ein eher schwaches Monitoring in Form eines jährlichen vertraulichen und anonymen Berichts der Hersteller gegenüber der Europäischen Kommission vorgesehen. Bei den als Code of Conduct ausgestalteten Vereinbarungen ist außerdem nicht sichergestellt, dass sich die wesentlichen marktbestimmenden Hersteller tatsächlich beteiligen.

Energieverbrauchs- und Ökolabel

Neben freiwilligen Vereinbarungen spielen auch freiwillige Energieverbrauchsetiketten oder Ökolabel mit Einbezug des Energie- bzw. Stand-by-Verbrauchs eine wichtige Rolle bei der Erhöhung der Effizienz von elektrischen und elektronischen Geräten.²⁰ Diese Label haben dabei nicht nur eine eigenständige Informationsfunktion für die Käufer und Nutzer der Geräte, sondern sie dienen auch als wichtige Grundlage für die Ausgestaltung weiterer Maßnahmen wie gemeinschaftliche Beschaffungsaktivitäten, die Gewährung finanzieller Anreize, den Aufbau von Datenbanken für energieeffiziente Geräte oder die Durchführung von Informationskampagnen.

Das weltweit wohl bekannteste und verbreitetste dieser freiwilligen Energie-Qualitätslabel ist der *Energy Star* aus den USA. Das Energy Star-Label dürfen solche Geräte tragen, die die festgelegten Minimumeffizienzstandards, die von Zeit zu Zeit angepasst werden, unterschreiten. Bei Geräten der IuK-Technologie beziehen sich

²⁰ Einen ausführlicher Überblick über die weltweit existierenden Energieeffizienz-Label geben IEA (2000) und Wiel/McMahon (2001). Die in den einzelnen EU-Ländern sowie der EU existierenden Öko-Label wurden ausführlich untersucht in Rubik/Scholl (2002).

die Anforderungen des Energy Star nicht auf den Verbrauch im Normalbetrieb, sondern nur im Bereitschaftsbetrieb. Auch der Verbrauch im Schein-Aus-Zustand (off-Modus) wird nicht berücksichtigt. Außerdem sind die Anforderungen des Energy Star für viele IuK-Geräte geringer als bei anderen Qualitätslabeln (Thomas 2001). Für den Energy Star spricht insbesondere seine weltweite Akzeptanz und Verbreitung, insbesondere im Bereich der Bürogeräte. Japan hat das Energy Star-Programm für Bürogeräte bereits 1995 übernommen, die EU vollzog diesen Schritt 2001²¹.

Ein im europäischen Raum ebenfalls verbreitetes Label ist das von der *Group for Energy Efficient Appliances GEEA* herausgegebene Energielabel für solche Geräte aus der Unterhaltungs- und Informationselektronik, die bestimmte festgelegte Mindesteffizienzanforderungen im Leerlauf unterschreiten. Anders als beim Energy Star sind dabei neben dem Verbrauch im Bereitschaftsbetrieb auch Mindestanforderungen für den Schein-Aus-Zustand vorgesehen. Die Grenzwerte für das Label werden jährlich neu festgelegt. Die Anforderungen des GEEA-Labels gehen in der Regel über die des Energy Star hinaus.

Internationale Initiativen

Als wohl wichtige weltweite Initiative zur Reduzierung der Leerlaufverluste elektrischer Geräte ist der 1998 vom Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) initiierte „1 Watt Plan“ zu nennen, der fordert, Stand-by-Verluste grundsätzlich auf 1 Watt zu begrenzen (Meier et al. 1998)²². Der 1-Watt-Plan geht damit weit über die Anforderungen der Selbstverpflichtungen auf EU-Ebene und der meisten Qualitätslabel hinaus, ist aber aus technischer und auch aus ökonomischer Sicht durchaus machbar. Der 1-Watt-Plan des LBNL wurde auch in der im Januar 1999 gestarteten Stand-by Power Initiative der IEA aufgegriffen²³.

Informationsprogramme und –kampagnen

Im Rahmen der Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz elektrischer Geräte kommt Informationsprogrammen und –kampagnen eine wichtige begleitende Funktion zu. Sie können sowohl auf die Erhöhung des Anteils elektrischer Geräte als auch auf Verhaltensänderungen der Nutzer abzielen.

²¹ Zu Details siehe energyefficiency.jrc.cec.eu.int/energystar/index.htm

²² Das LBNL veröffentlicht in diesem Zusammenhang auch eine Liste mit ausgewählten Geräten, mit einem Stand-by-Verbrauch von unter einem Watt.
eetd.lbl.gov/EA/Standby/DATA/1WProducts.html

²³ www.iea.org/standby/

In Deutschland führte 1999 der BUND mit Unterstützung des Bundesumweltministeriums eine bundesweite Aktion durch, die das Ziel hatte, auf die Stromeinsparpotenziale im Stand-by-Modus von Elektrogeräten hinzuweisen (Brohmann et al. 2001). Eine auf Länderebene in Schleswig-Holstein durchgeführte, sehr umfassend angelegte Aktion, die auch außerhalb Deutschland viel Beachtung fand, war die *Stand-by-Kampagne der Energiestiftung Schleswig-Holstein* (Wortmann et al. 2001; Wortmann/Möhring-Hüser 2001; Wortmann et al. 2002)²⁴. Auch vor dem Hintergrund der positiven Ergebnisse dieser Kampagne ist festzustellen, dass solche Aktionen einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz von IuK-Geräten leisten können. Hauptproblem sind die mit der Durchführung verbunden hohen Kosten, die in der Regel um so höher ausfallen, je zielgenauer und wirksamer ein solches Programm ist.

Auf nationaler Ebene startete im Herbst 2002 die *„Initiative EnergieEffizienz“* zur effizienten Stromnutzung in privaten Haushalten, eine gemeinsame bundesweite Informationskampagne der Verbände der Elektrizitätswirtschaft (VDEW, VRE, VKU) und der Deutschen Energie-Agentur (dena)²⁵. Die Kampagne umfasst die Themen „Stand-by-Verbrauch von Elektrogeräten“, „Weiße Ware“ und „Beleuchtung“. Weiterhin von der dena geplant ist eine Kampagne in Zusammenhang mit der Übernahme des Energy Star in den Länder der Europäischen Union.

Beratung und Weiterbildung

Beratungs- und Weiterbildungsprogramme im Bereich rationelle Energienutzung von Geräten richten sich vor allem an Betriebe, und zwar sowohl an die Anwender der Geräte als auch an die Planer, Ein- und Verkäufer. Beratungsprogramme werden vor allem von den Energieagenturen der Länder, aber auch von Energieversorgern u. ä. durchgeführt.

Weiterbildungs-Aktivitäten laufen in Deutschland insbesondere in den in einigen Bundesländern (NRW, Hessen, Schleswig-Holstein, Berlin, Bremen) öffentlich geförderten *„Impulsprogrammen“* nach dem Modell des Schweizer RAVEL-Programms (Rationelle Verwendung von Elektrizität). Im Rahmen von Kurzveranstaltungen und Fachseminaren wird Wissen über Energieverbrauchsschwerpunkte, Techniken und Maßnahmen zur rationellen Energienutzung an die Berufspraktiker vermittelt (Böde et al. 2000b). Interessant für den Bereich der Bürogeräte sind die im Rahmen des Impuls-Programms RAVEL NRW seit 1999 durchgeführten „E-Fit-Wochen“. Die Aktivitäten richten sich vor allem an die Beschäftigten im Bürobereich und die EDV-Verantwortlichen. Schwerpunkt sind verhaltensorientierte Maßnahmen zur Stromeinsparung. Die Evaluierung dieser Aktion ergab eine hohe Be-

²⁴ www.wirklich-aus.de

²⁵ www.initiative-energieeffizienz.de

reitschaft, die empfohlenen Maßnahmen zur Stromeinsparung (Beleuchtung ausschalten, PC abends ausschalten, Bildschirm ausschalten, Geräte ganz ausschalten bzw. schaltbare Steckerleisten verwenden, Energiesparfunktion nutzen) auch längerfristig zu nutzen. Auch das Verhalten im häuslichen Bereich konnte mit beeinflusst werden (Gruber 2001).

Institutionen

Bei der Konzeption, Organisation, Koordination und ggf. auch Durchführung energiepolitischer Maßnahmen zur Förderung der rationellen Energie- und Stromnutzung kommt Institutionen wie nationalen oder regionalen Energieagenturen eine große Bedeutung zu, insbesondere bei Maßnahmen im Bereich der Information, Fortbildung und Beratung. In Deutschland werden hier viele Aufgaben von den bereits seit vielen Jahren in den meisten Bundesländern bestehenden Länderenergieagenturen und zunehmend auch von der im Herbst 2000 gegründeten Deutschen Energie-Agentur übernommen. Hinzu kommen eine Reihe weiterer Institutionen²⁶.

Eine weitere Institution, die es Deutschland bisher noch nicht gibt, die aber gerade im Bereich der Förderung der Stromeffizienz wichtige Aufgaben übernehmen könnte, wäre ein *Energieeffizienzfonds* nach dem Vorbild des britischen Energy Saving Trust²⁷ oder des dänischen Stromsparfonds²⁸. Die Gründung einer solchen Institution auch in Deutschland wurde in den letzten Jahren mehrfach vorgeschlagen (Leprich, 1997, 1999; Wortmann et al. 1999; Schlomann et al. 2000; Enquete Kommission Nachhaltige Entwicklung 2002). Ein solcher Fonds könnte ein wichtiges Element in einer Strategie zur Verbesserung der Stromeffizienz darstellen und wichtige Aufgaben in Bereichen übernehmen, die üblicherweise nicht von den klassischen Energieagenturen abgedeckt werden, wie beispielsweise den Aufbau eines eigenständigen Marktes für Effizienzprodukte und –akteure, die Koordination gemeinschaftlicher Beschaffungsaktivitäten, die Erarbeitung von Effizienzstandards und Labelling-Klassen für unterschiedliche Gerätegruppen oder die Initiierung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur weiteren Verbesserung der Stromeffizienz.

²⁶ So die Gemeinschaft Energielabel Deutschland (GED), Verbraucherzentralen, Landesgewerbeämter, der Bundesdeutsche Arbeitskreis für umweltbewusstes Management (B.A.U.M), die Bürger-Information Neue Energietechnik und Umwelt (BINE), BUND, WWF.

²⁷ www.est.org.uk

²⁸ www.elsparefondene.dk

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Für das Jahr 2001 wurde in dieser Untersuchung ein den IuK-Endgeräten in Haushalten und Büros und der zugehörigen Infrastruktur zuzurechnender Strombedarf in Höhe von 38 TWh ermittelt. Dies entspricht einem Anteil von knapp 8 % am gesamten Stromverbrauch der Endverbrauchssektoren in Deutschland (AGEB 2002). Rund 50 % des Strombedarfs entfallen dabei auf die Haushalts-Endgeräte, weitere gut 20 % auf die Büro-Endgeräte, die restlichen rund 30 % auf die dafür erforderliche Infrastruktur. Bis 2010 wird mit einem deutlichen Anstieg des Strombedarfs um 45 % auf 55,4 TWh gerechnet, der vor allem durch die zunehmende Bedeutung der IuK-Infrastruktur verursacht wird. Da die meisten der im Bestand deutlich wachsenden Geräte und Anlagen der IuK-Infrastruktur wie Server oder Mobilfunkanlagen dauerhaft in Betrieb sind, fällt damit auch der Verbrauchszuwachs im Normalbetrieb am stärksten aus. Der Verbrauch im Bereitschaftsbetrieb zeigt vor allem bis Mitte des Jahrzehnts noch eine steigende Tendenz, während er im Schein-Aus-Zustand rückläufig ist. Dies ist allerdings weniger auf Effizienzanstrengungen als auf eine erwartete Substitution des Schein-Aus- durch den Bereitschaftsbetrieb (insbesondere bei Fernsehern) zurückzuführen.

Die für den Strombedarf bedeutendsten Geräteklassen sind Fernseher, stationäre Audio-Geräte sowie Server, auf die im Jahr 2001 knapp 45 % des Gesamtbedarfs entfielen. An der dominierenden Bedeutung dieser drei Geräteklassen wird sich auch bis 2010 nichts ändern. An Bedeutung stark zunehmen wird hingegen die Infrastruktur der Mobilfunkanbieter (durch den Ausbau der UMTS-Netze) sowie die Kommunikations-Infrastruktur in Haushalten (insbesondere durch den Ausbau der Breitband-Anschlüsse), so dass im Jahr 2010 auf diese fünf bedeutendsten Geräteklassen voraussichtlich rund 60 % des gesamten Strombedarfs für IuK-Anwendungen entfallen werden.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse werden im Folgenden einige Empfehlungen zur Erhöhung der Energieeffizienz von IuK-Geräten in Haushalten und Büros und der zugehörigen Infrastruktur abgeleitet. Die Empfehlungen erfolgen zunächst differenziert nach den einzelnen Betriebszuständen. Im Anschluss daran werden einige generelle Empfehlungen gegeben.

Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Schein-Aus-Zustand

Auch wenn der Strombedarf im Schein-Aus-Zustand bis zum Jahr 2010 auf rund 2,1 TWh zurückgehen wird, ist auch dieser Wert unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz als zu hoch einzuschätzen, da seine vollständige Vermeidung technisch ohne übermäßigen Kostenaufwand für die Hersteller machbar ist. Für Neugeräte wird daher empfohlen, eine vollständige Vermeidung der Leistungsaufnahme im Schein-Aus-Zustand anzustreben. Am wirksamsten durchsetzen ließe sich dies

wohl durch eine Mindesteffizienzregelung auf EU-Ebene, die einen Schein-Aus-Verbrauch grundsätzlich untersagt. Falls ein vollständiges Verbot politisch nicht durchsetzbar ist, sollte der Schein-Aus-Zustand zumindest generell in den bisherigen freiwilligen – oder ggf. neu hinzukommenden gesetzlich vorgeschriebenen - Energieverbrauchs- oder Ökolabeln berücksichtigt werden. Eine Minimalforderung wäre ein deutlicher Hinweis in der Gerätebeschreibung zum Auftreten dieses Zustands.

Für den Bestand bietet sich als wirksamste Möglichkeit zur Verminderung des Strombedarfs im Schein-Aus-Zustand die stärkere Nutzung schaltbarer Steckerleisten in Haushalten und Büros an. Die damit verbundenen einmaligen Anschaffungskosten für die Nutzer amortisieren sich zumindest bei einigen Geräten und insbesondere bei der Schaltung mehrerer Geräte mit einer Leiste in 1-2 Jahren durch die erzielten Stromeinsparungen. Eine weitgehende Verbreitung von schaltbaren Steckerleisten lässt sich allerdings nur mit ergänzenden informativen Maßnahmen (wie entsprechende Informationskampagnen oder Beratungs- und Weiterbildungsprogramme für Unternehmen) erreichen, die wiederum mit Kosten verbunden sind.

Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Bereitschaftsbetrieb

Auf einer Verminderung des Energiebedarfs im Bereitschaftsbetrieb von IuK-Geräten lag bisher der eindeutige Schwerpunkt energiepolitischer Aktivitäten auf nationaler, EU- und internationaler Ebene. Hier wurden zumindest schon Teilerfolge erzielt, die sich, wie auch die Ergebnisse dieser Studie zeigen, in den kommenden Jahren dämpfend auf den Zuwachs des Strombedarfs auswirken werden. Dennoch gehen die technischen Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz weit über das bisher Erreichte und zu Erwartende hinaus. Daher sind auch die zusätzlichen Einsparmöglichkeiten im Bereitschaftsbetrieb in einer konsequenten Beschleunigung der Marktdiffusion hocheffizienter IuK-Technologien zu sehen. Weitere Stromeinsparungen lassen sich durch Maßnahmen erreichen, die auf Verhaltensänderungen der Gerätenutzer abzielen.

Eine generelle Empfehlung zur Beschleunigung der Marktdiffusion von Geräten mit einem geringen Energiebedarf im Bereitschaftsbetrieb ist die Unterstützung der 1 Watt-Initiativen des LBNL und der IEA. Diese Forderung ist deutlich anspruchsvoller als die bisherigen EU-Selbstverpflichtungen zur Reduzierung des Bereitschaftsbetriebs und auch der meisten Mindestanforderungen in heute verbreiteten Qualitätslabeln wie dem Energy Star und dem GEEA-Label. Für viele IuK-Geräte ist eine Leistungsaufnahme von maximal 1 Watt auch technisch ohne Weiteres machbar. Wenn Geräte allerdings im Bereitschaftsbetrieb aufwändigere Funktionen zu erfüllen haben, dürfte die 1 Watt-Forderung technisch zum heutigen Zeitpunkt nur schwer zu erreichen sein (z. B. bei Geräten, die, wie der PC, im Betrieb auf eine Festplatte zugreifen oder die, wie Kopierer, zum Betrieb eine Mindesttemperatur benötigen). Für solche Geräte ist auch die Förderung technischer Lösungen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb (F&E-Förderung,

Technology Procurement) sinnvoll. Eine schnellere Marktdurchdringung solcher hocheffizienter Geräte ließe sich durch eine weitere Verschärfung der derzeit schon bestehenden Selbstverpflichtungen auf EU-Ebene sowie der in den heute verbreiteten Qualitätslabeln (Energy Star, GEEA-Label) enthaltenen Mindesteffizienzanforderungen erreichen. Eine weitere Möglichkeit zur Förderung der Marktdurchdringung effizienter IuK-Geräte ist die gemeinschaftliche Beschaffung (Market Procurement). Da die Grundlage für die Auswahl der Geräte häufig Qualitätslabel wie der Energy Star sind, ist auch der Erfolg von Procurement-Aktivitäten um so größer, je strenger deren Anforderungen sind.

Eine ergänzende Rolle bei der Verminderung des Strombedarfs im Bereitschaftsbetrieb von IuK-Geräten können Verhaltensänderungen bei den Gerätenutzern spielen. Voraussetzung für eine stärkere Ausschöpfung der verhaltensbedingten Einsparpotenziale sind jedoch begleitende Informations- und Beratungsaktivitäten auf nationaler, regionaler oder kommunaler Ebene.

Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Normalbetrieb

Die Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Normalbetrieb konzentrieren sich auf solche Geräteklassen, die eine hohe Leistungsaufnahme im Normalbetrieb aufweisen und einen bedeutenden Anteil am Energiebedarf des IuK-Sektors haben. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung sind dies bei den Endgeräten mit großem Abstand die Fernseher, hinzu kommen Audio-Geräte, Monitore und Personalcomputer. Im Bereich der Infrastruktur gilt dies insbesondere für Server.

Für *Fernseher* ist auf Grund ihrer großen Bedeutung für den Energiebedarf im Normalbetrieb, der bis zum Jahr 2010 noch um fast 60% anwachsen wird, eine rasche Ausdehnung des verpflichtenden EU-Energieverbrauchslabels auf Fernseher angeraten. Ergänzend dazu sollte auch eine Mindesteffizienzverordnung für Fernseher in Erwägung gezogen werden. Mit diesen Maßnahmen könnte sowohl der Einsatz energieeffizienterer „marktbester“ Kathodenstrahlfernseher als auch die stärkere Verbreitung der energieeffizienteren LCD-Fernseher gefördert und möglicherweise auch der Trend zu immer größeren Bildschirmen begrenzt werden. Ähnliche Überlegungen gelten grundsätzlich auch für *Monitore* und *Personalcomputer*. Falls hier, nach der erst kürzlich erfolgten Einführung des Energy Star auf EU-Ebene, nicht der Weg verpflichtender Energielabel und Mindesteffizienzstandards gegangen werden soll, wäre zumindest eine Einbeziehung des Energiebedarfs des Normalbetriebs in das Energy Star- und andere Qualitätslabel sinnvoll. Denn die bisherigen Qualitätslabel, die lediglich den Bereitschafts- und teilweise noch den Schein-Aus-Verbrauch einbeziehen, bieten weder einen Anreiz für eine schnellere Durchsetzung der LCD-Technologie noch fördern sie den Einsatz energieeffizienter Prozessoren aus dem Bereich mobiler Computer.

Bei Infrastrukturgeräten wie *Servern* ist die Entwicklung von Empfehlungen schwieriger. Im Gegensatz zu Desktop-PCs gibt es bei Servern keine mobilen Gegenstücke, für die möglichst energieeffiziente Lösungen entwickelt werden und die mit politischen Maßnahmen gefördert werden könnten. Dennoch sind auch in diesem Bereich sinnvolle Aktivitäten möglich. Da bisher kaum explizit energieeffiziente Lösungen bestehen, könnte deren Entwicklung gefördert werden. Ebenso wäre es sinnvoll, die Durchführbarkeit sowie die Vor- und Nachteile der Zusammenlegung von Servern (Server-Consolidation) zu untersuchen. Die Einführung von Energie-Labeln bei Servern ist wohl nicht möglich, da die Produktdifferenzierung sehr groß ist und die Nutzleistung bisher nicht einheitlich gemessen werden kann. Sinnvoll wäre dagegen ein Label für die Effizienz der eingesetzten Spannungswandler, da derzeit keine Informationen über deren Wirkungsgrad vorhanden sind. Hier handelt es sich um klar messbare Eigenschaften, die bisher nicht in die Investitionsentscheidungen eingehen.

Generelle Empfehlungen

Auf die wichtige Bedeutung von *Energie-labeln* zur Erhöhung der Markttransparenz und zur Beschleunigung der Marktdiffusion energieeffizienter IuK-Geräte wurde bereits an mehreren Stellen dieser Untersuchung hingewiesen. Neben einer Verschärfung der Effizienzanforderungen sowie der generellen Berücksichtigung des Schein-Aus-Zustands und – zumindest bei einigen Geräten – auch des Normalbetriebs wäre eine generelle Vereinheitlichung der Anforderungen in den zahlreichen existierenden Labeln auf nationaler und internationaler Ebene sinnvoll. Auch die Vielfalt der Label an sich dürfte zu einer Verwirrung der Verbraucher beitragen. Eine wichtige unterstützende Funktion auf nationaler Ebene bei der Durchführung vieler bereits genannter Maßnahmen zur Erhöhung der Stromeffizienz von IuK-Geräten könnte auch einem in Deutschland neu zu gründenden *Energieeffizienzfonds* nach dem Vorbild des britischen Energy Saving Trust oder des dänischen Stromsparmifonds zukommen. Als weitere generelle Maßnahme zur Förderung der Entwicklung hocheffizienter elektrischer Geräte ist eine stärkere Ausrichtung der *F&E-Förderung* am Kriterium der Energieeffizienz zu nennen.

7 Literatur

- ACTA (1997ff.). Allensbach Computer- und Telekommunikationsanalyse. Berichtsbände. Allensbach am Bodensee: Institut für Demoskopie Allensbach
- Aebischer, B.; Huser, A. (2000). Vernetzung in Haushalten: Auswirkungen auf den Stromverbrauch. Schlussbericht an das Bundesamt für Energie. Bern: Bundesamt für Energie. <http://www.electricity-research.ch/sb/haushaltsvernetzung-00.pdf>
- Aebischer, B., Huser, A. (2002): Energiedeklaration von Elektrogeräten. Schlussbericht. CEPE Report Nr. 3., Januar 2002
http://www.cepe.ch/download/cepe_rp/CEPE_RP3.pdf
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2002): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2001.
www.ag-energiebilanzen.de/daten/gesamt.xls
- ARD (2001): Medien Basisdaten.
http://www.ard.de/ard_intern/mediendaten/index.phtml
- ARD Projektgruppe Digital (2001): Digitales Fernsehen in Deutschland - Markt, Nutzerprofile, Bewertungen. In: Media Perspektiven 4/ 2001, S. 202-219
- Barthel, C.; Lechtenböhrer, S., Thomas, S. (2001): GHG Emission Trends of the Internet in Germany. In: Langrock, T., Ott, H.E., Takeuchi, T.: Japan & Germany: International Climate Policy & the IT-Sector. Wuppertal: Wuppertal Institute & IGES, S. 55-67
- BDRC (2001). The Development of Broadband Access Platforms in Europe: Technologies, Services, Markets. Report commissioned by the European Commission, Directorate General Information Society. London: BDRC Ltd.
- Beck, F., 2001: Energy smart data centers: applying energy efficient design and technology to the digital information sector. REPP Research Report, Washington DC, November 2001
- Bertoldi, P., Aebischer, B. et al. (2002): Standby Losses: How Big is the Problem? What Policies and Technical Solutions Can Address It? Paper presented at ACEEE Summer Study 2002
- Bitkom (2001). Wege in die Informationsgesellschaft - Status quo und Perspektiven Deutschlands im internationalen Vergleich - Edition 2001. Berlin und Frankfurt: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien

- Bitkom (2002). Wege in die Informationsgesellschaft: Status Quo und Perspektiven Deutschlands im internationalen Vergleich. Edition 2002. Berlin: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien
- Böde, U. et al. (2000a): Detaillierung des Stromverbrauchs privater Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland 1997-2010, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Karlsruhe, Dezember 2000
- Böde, U. et al. (2000b): Klimaschutz durch Minderung der Treibhausgasemissionen im Bereich der Haushalte und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten. Band 2: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. Karlsruhe, München: Fraunhofer ISI, TUM
- Brohmann, B.; Cames, M.; Herold, A.; Boschmann, N. (2000): Klimaschutz durch Minderung der Treibhausgasemissionen im Bereich der Haushalte und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten. Band 1: Private Haushalte. Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes. Darmstadt: Öko-Institut
- Brunner, C. U. et al. (2001): Energieeffizienz bei Elektrogeräten. Wirkung der Instrumente und Maßnahmen. Bern: Bundesamt für Energie, August 2001
- Büllingen, F.; Stamm, P. (2001). Entwicklungstrends im Telekommunikationssektor bis 2010. Bad Honnef: WIK Wissenschaftliches Institut für Kommunikationsdienste
- BVT (2001). Geschäftsbericht 2000/2001. Köln: Bundesverband Technik des Einzelhandel
- dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH) (2002): „Eine aktuelle Umfrage der *Initiative EnergieEffizienz* zeigt: Weniger als 50 Prozent der Bundesbürger schalten ihr Fernsehgerät richtig aus“. Pressemitteilung vom 18.11.2002 (<http://www.deutsche-energie-agentur.de>) und persönliche Informationen
- Deutsche Telekom (DTAG) (2001): Nachhaltigkeitsbericht 2000/2001. Bonn: Deutsche Telekom AG Zentralbereich Konzernkommunikation
- Deutsche TV-Plattform e.V (2001): Fernsehen heute und morgen, Technik - Märkte - Strategien, Berlin, 2001
- Diekmann, J. et al. (2000): Erarbeitung kostengünstiger Erhebungsformen zur Erfassung des effektiven Energieverbrauchs im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Karlsruhe, München: DIW, Fraunhofer ISI, TUM

- DocuWatch: Digitales Fernsehen des Hans-Bredow-Instituts. <http://www.rrz.uni-hamburg.de/hans-bredow-institut>
- Dostal, W.; Jansen, R.; Parmentier, K. (2000). Wandel der Erwerbsarbeit: Arbeitssituation, Informatisierung, berufliche Mobilität und Weiterbildung. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 231)
- Dostal, W.; Reinberg, A. (1999): Arbeitslandschaft 2010. Teil 2: Ungebrochener Trend in die Wissenschaftsgesellschaft. In: IAB Kurzberichte 10/1999 vom 27.8.1999
- Eichhammer, W. et al. (2001): Treibhausgasminderungen in Deutschland und UK: Folge „glücklicher“ Umstände oder gezielter Politikmaßnahmen. Ein Beitrag zur internationalen Klimapolitik. Berlin: Umweltbundesamt, Juli 2001
- EITO (1993ff): European Information Technology Observatory. Frankfurt am Main: Eurobit
- Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung (2002): Abschlussbericht. Berlin, Juli 2002
<http://www.bundestag.de/gremien/ener/schlussbericht/index.htm>
- EU (2001): European Climate Change Programme (ECCP). June 2001
<http://europa.eu.int/comm/environment/climat/eccp.htm>
- Europäische Kommission (2001): Third Communication from the European Community under the UN Framework Convention on Climate Change. Commission Staff Working Paper. Brussels, 30 November 2001
- Eurostat (2001): Information Society Statistics (Theme 4: Industry, Trade and Services). Luxemburg
- Friedewald, M.; Rothhaas, A.; Jaeckel, G. (2002). Nanotechnologie im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik. Gutachten für das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag. Karlsruhe: ISI
- Geiger, B. Wittke, F. (2002): Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland – Die energiewirtschaftlichen Daten. In BWK Bd. 54 (2002) Nr. 1/2, S. 50-56
- GfK/ZVEI (2001): Zahlenspiegel des Deutschen Elektro-Hausgerätemarktes 2001. Frankfurt: GfK Marketing Services GmbH; Hausgeräteverbände im Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie

- GfU/ZVEI (2000): Pressekonferenz von GfU und ZVEI am 7.4.2000 in Berlin. Gesellschaft für Unterhaltungs- und Konsumelektronik, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie. (www.GfU.de/pages/newshe)
- GfU/ZVEI (2001). Presseinformation zur Internationalen Funkausstellung 2001. Gesellschaft für Unterhaltungs- und Konsumelektronik; Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie.
<http://www.GfU.de/Pages/newshe/eurovergl.htm>
- Gruber, E. (2001): REN-Impuls-Programm „RAVEL NRW“: Begleitende Bewertung – Phase 3: 2000 bis 2003. Zwischenbericht an das Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr Nordrhein-Westfalen. Karlsruhe, Oktober 2001
- Gubler, M.; Peters, M. (2000). Servernutzung in Klein- und Mittelbetrieben: Eine empirische Untersuchung zum effektiven Bedarf von Netzwerk-Servern in der Nacht und an Wochenenden/Feiertagen in Klein- und Mittelbetrieben in der Deutschschweiz. Bern: Bundesamt für Energie
- Hartkamp, F., 2002: Energy Consumption of ICT in the Netherlands. Perspective to the year 2010. Workshop IEA, 21 february 2002, Paris
- Huber, P.; Mills, M. P. (1999): Dig more coal, the PC's are coming, Forbes Magazine, 31. Mai 1999
- Huser, A., 2002: Stromeinsparpotenzial durch Schalten von Servern. Bundesamt für Energie, Bern, 2002
- IEA (2000): Energy Labels & Standards. Paris: OECD/IEA
- ITU (2000): Yearbook of Statistics. Genf: International Telecommunications Union.
- ITU (2001): World Telecommunication Indicators Database. Genf: International Telecommunications Union
- IWD (Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln) (2000): Wie lange die Deutschen Fernsehen, Jg. 26, Nr. 8, 24. Februar 2000, S. 1
- Kawamoto, K., et al. (2001): Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in the U.S.: Detailed Report and Appendices. LBNL-45917, Lawrence Berkeley national Laboratory, Berkeley, CA 94720

- Kleemann, M., Birnbaum, U. et al. (2001): Systematisierung der Potenziale und Optionen für den Gebäudebereich. In: Cremer, C., Kleemann, M., et al. (2001): Systematisierung der Potenziale und Optionen. Endbericht an die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ des Deutschen Bundestages, Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung u. Forschungszentrum Jülich, Karlsruhe/Jülich
- Koomey, J., Kawamoto, K., Nordmann, B., Piette, A. A., Brown, R. E. (1999): Memorandum LBNL-44698 to EPA of 9 Dec. 1999
- Kübler, K. (1998): Selbstverpflichtungen als Instrument der Klimavorsorge. Analyse der Umsetzung in Deutschland. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 48, 1998, S. 332-226
- Leprich, U. (1997): FUTURE Fonds für Umwelttechnologien und rationelle Energiedienstleistungen. In: Energiedepesche 4/1997, S. 20-21
- Leprich, U. (1999): Rettung für die Energieeffizienz. Das „Deutsche Forum für Energieeffizienz“ (DFE). In: Energiedepesche 4/1999, S. 10-11
- Media Perspektiven Basisdaten (2001). Daten zur Mediensituation in Deutschland 2001. Frankfurt: Arbeitsgemeinschaft der ARD-Werbegeellschaften
- Meier, A., Huber, W., Rosen, K. (1998): Reducing Leaking Electricity to 1 Watt. Lawrence Berkeley National Laboratory Report 42108
<http://eetd.lbl.gov/EA/Reports/42108/>
- Mitchell-Jackson, J.D., 2001: Energy needs in an internet economy: a closer look at data Centres. Master Thesis, University of California, Berkeley, July 2001
- Münchener Kreis (Hrsg.) (1999): 2014 - Die Zukunft von Information, Kommunikation und Medien. München: Marketing + Wirtschafts Verlagsgesellschaft
- MURE (Mesures d'Utilisation Rationelle de l'Energie) (2002): Update within the ongoing SAVE Project "Monitoring tools for energy efficiency in Europe". Published in Spring 2002 (www.mure2.com and www.isis-it.com/mure)
- NFO (2000ff). Monitoring Informationswirtschaft. Faktenberichte im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. München: NFO Infratest

- NFO Infratest (2002). Monitoring Informationswirtschaft. 4. Faktenberichte 2002 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. München
- OECD (2000): Information Technology Outlook 2000: ICTs, E-Commerce and the Information Economy. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- OECD (2001): Communications Outlook 2001. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- OECD/STI working paper (2000): The contribution of ICT to output growth: A study of the G7 countries
- Prognos AG; EWI (1999): Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Basel, November 1999
- Rath, U. et al.(1999): Klimaschutz durch Minderung von Leerlaufverlusten bei Elektrogeräten-Instrumente. UBA Texte 5/99. Tübingen/Kiel/Berlin.
<http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-k/1789.pdf>
- Rath, U.; Hartmann, M.; Präffcke, A., Mordziol, C. (1997): Klimaschutz durch Minderung von Leerlaufverlusten bei Elektrogeräten. UBA Text Nr. 45/97, Umweltbundesamt, Berlin
- RegTP (1999ff a). Jahresberichte. Marktbeobachtungsdaten der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post. Bonn: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
- RegTP (1999ff b). Halbjahresberichte. Marktbeobachtungsdaten der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post. Bonn: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
- RegTP (2001a): Tätigkeitsbericht 2000/2001. Bonn: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post.
- RegTP (2001b): RegTP News Nr. 01/2001. Bonn: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
- RegTP (2001c). Ortsnetzettbewerb 2000: Situationsbericht zum deutschen Ortsnetzettbewerb. Bonn: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post

- RegTP (2001d): Lizenzklasse 1: Digitaler, zellulärer Mobilfunk. Bonn: Reguli-
rungsbehörde für Telekommunikation und Post
- Rennings, K. et al. (1997): Nachhaltigkeit, Ordnungspolitik und freiwillige Selbst-
verpflichtung. Heidelberg: Physica-Verlag
- Rieth-Hoerst, S. (2002): Strombedarf und Einsparmöglichkeiten moderner
Kommunikationstechniken. Diplomarbeit an der Fachhochschule Karlsruhe,
Fachbereich elektrische Energietechnik. Karlsruhe, März 2002
- Rosen, K., Meier, A. (2001): Energy Use of U.S. Consumer Electronics at the End
of the 20th Century. In: Bertoldi, P., Ricci, A., de Almeida, A. (2001): Energy
Efficiency in Household Appliances and Lighting. Berlin: Springer-Verlag
- Ross, J.P., Meier, A. (2001): Whole-House Measurements of Standby Power
Consumption. In: Bertoldi, P., Ricci, A., de Almeida, A. (2001): Energy
Efficiency in Household Appliances and Lighting. Berlin: Springer-Verlag
- Ross, J.P.; Meier, A. (2000): Whole-house measurements of standby power
consumption, University of California, Berkeley, USA, Lawrence Berkeley
National Laboratory, USA, 2000
- Ross, J.P.; Meier, A. (2000): Whole-house measurements of standby power
consumption, University of California, Berkeley, USA, Lawrence Berkeley
National Laboratory, USA, 2000
- Roth, K.W.; Goldstein, F.; Kleinman J. (2002): Energy Consumption by Office and
Telecommunicatios Equipment in Commercial Buildings. Volume I: Energy
Comsuption Baseline. Arthur D. Little Reference No. 72895-00 for Office of
Building Equipment. Office of Building Technology and Community
Programs. Cambridge, MA: Arthur D. Little.
www.eren.doe.gov/buildings/documents/pdfs/office_telecom-vol1_final.pdf
- Rubik, F., Scholl, G. (Ed.) (2002): Eco-labelling practices in Europe. An overview
of environmental product information schemes. Schriftenreihe des
IÖW162/02. Berlin, März 2002
- Schlesinger, M. (2001): Szenarienentwicklung - Soziodemografische und ökonomische
Rahmendaten. Zwischenbericht für die Enquete-Kommission "Nach-
haltige Energieversorgung" des Deutschen Bundestages. Basel: Prognos AG

- Schlomann, B., Böde, U., Jochem, E., Kling, N. (2000): Entwicklung eines Energie-Effizienz-Konzeptes für Deutschland unter Auswertung vorliegender europäischer Erfahrungen und unter Berücksichtigung der föderalen Struktur Deutschlands. Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Karlsruhe, Dezember 2000
- Schlomann, B.; Eichhammer, W.; Gruber, E.; Kling, N.; Mannsbart, W.; Stöckle, F. (2001): Evaluierung zur Umsetzung der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (EnVKV). Untersuchung im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Karlsruhe, Nürnberg: März 2001
- SevenOne Media (2001): Time Budget 1999 - 2001. Unterföhring: SevenOne GmbH
- Spreng, D., Aebischer, B. (1990): Computer als Stromverbraucher. Schweizer Ingenieur und Architekt
- Statistisches Bundesamt (1998): Bestand und Struktur der Wohneinheiten, 1998
- Statistisches Bundesamt (2001): Statistisches Jahrbuch 2001 für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden: September 2001
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1991ff): Statistische Jahrbücher für die Bundesrepublik Deutschland. Stuttgart: Metzler-Poeschel
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1999): Wirtschaftsrechnungen: Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1998. Heft 1: Langlebige Gebrauchsgüter privater Haushalte. Stuttgart: Metzler-Poeschel
- Statistisches Bundesamt et al. (Hrsg.) (2000): Datenreport 2000: Zahlen und Fakten über die Bundesrepublik Deutschland. München: Olzog
- Thomas, S. (2001): Towards Higher Efficiency of IT-Products: The German/European Approach sowie Eco-Labeling and Green Procurement Schemes for IT Products: The German/European Approach. In: Langrock, T., Ott, H.E., Takeuchi, T.: Japan&Germany: International Climate Policy & the IT-Sector. Wuppertal: Wuppertal Institute & IGES, S. 123-136 sowie S. 149-164
- Thomas, S.; Barthel, C., (2002): www.internet.co2? GHG Emission Trends of the Internet in Germany. Presentation at IEA Workshop, 21/22 February 2002, Paris
- Troll, L. (2000a): Arbeitsmittel in Deutschland. Teil 1: Moderne Technik bringt neue Vielfalt in die Arbeitswelt. In: IAB Kurzberichte 6/2000 vom 16.5.2000

- Troll, L. (2000b): Arbeitsmittel in Deutschland. Teil 2: Moderne Technik kommt heute überall gut an. In: IAB Kurzberichte 7/2000 vom 17.5.2000
- Troll, L. (2000c): Beschäftigung im Strukturwandel: Sättigungstendenzen in einer veränderten Bürolandschaft. In: IAB Kurzberichte 17/2000 vom 28.12.2000
- Troll, L. (2000d): Die Arbeitsmittellandschaft in Deutschland im Jahr 1999. In: Dostal, W.; Jansen, R.; Parmentier, K. (Hrsg.). Wandel der Erwerbsarbeit: Arbeitssituation, Informatisierung, berufliche Mobilität und Weiterbildung (Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 231). Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit. S. 125-150.
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltfreundliche Beschaffung - Handbuch zur Berücksichtigung des Umweltschutzes in der öffentlichen Verwaltung im Einkauf. 4. Aufl., München: Vahlen
- van Eimeren, B., Gerhard, H., Frees, B. (2001): ARD/ZDF-Online-Studie 2001: Internetnutzung stark zweckgebunden. Entwicklung der Online-Medien in Deutschland. In: Media Perspektiven 8/2001, S. 382-392
- van Eimeren, B.; Ridder, C.-M. (2001): Trends in der Nutzung und Bewertung der Medien 1979 bis 2000. In: Media Perspektiven 11/2001, S. 538-553
- Weidig, I.; Hofer, P.; Wolff, H. (1999): Arbeitslandschaft 2010 nach Tätigkeiten und Tätigkeitsniveau. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 227)
- Wiel, S., McMahon, J. E. (2001): Energy Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting. Washington, D.C., February 2001
- Windeck, C. (2001): Leisetreter - Sieben leise Komplettrechner im Test. c't 2001 Nr. 24, S. 182 - 191
- Wortmann, K. et al. (1999): Energieeffizienz am liberalisierten Markt: ein Energieeffizienz-Fonds für Deutschland. Energiestiftung Schleswig-Holstein, Studie 7, Kiel
- Wortmann, K., Möhring-Hüser, W. (2001): Off really off? Eco-marketing as energy efficiency approach. In: Further than ever from Kyoto? Rethinking energy efficiency can get us there. Proceedings of the 2001 ecee Summer Study. 11-16 June 2001, Mandelieu, France, S. 368-379

- Wortmann, K.; Möhring-Huser, W., Schötz, D.; Krieg, O. (2002): Wirklich Aus? Ergebnisse der landesweiten Stromsparkampagne der Energiestiftung Schleswig-Holstein. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 52 (2002) 1/2, S. 78-83 (<http://www.wirklich-aus.de>)
- Wortmann, K.; Möhring-Huser, W.; Krawinkel, H (2001): Aus. Wirklich aus? Die Stand-by-Kampagne der Energiestiftung Schleswig-Holstein. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 51 (2001) 5, S. 290-292 (www.wirklich-aus.de)
- Wuppertal Institut/ebök (2000): Klimaschutz durch Effizienzsteigerung von Geräten und Anlagen in den Bereichen Haushalte, Kleinverbrauch und Büros - Sachstand/Projektionen/CO₂-Minderungspotenziale. Zwischenbericht April 2000. Wuppertal/Tübingen (Veröffentlichung des Abschlussbericht voraussichtlich im Frühjahr 2002)
- Xonio (2001): Marktzahlen, Analysen, Branchenberichte. <http://www.xonio.com>
- Ziesing, H.-J. et al. (1999): Politiksznarien für den Klimaschutz. Band 5. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2020. Jülich: Forschungszentrum (Reihe Umwelt/Environment Band 20)
- Zoche, P.; Kolo, C.; Harnischfeger, M. (1998): Mediennutzung der Zukunft im privaten Sektor. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung

Anhang 1: Ergebnisse des Berechnungsmodells

A1.1 Haushalts-Endgeräte (für die Jahre 2001, 2005 und 2010)

Jahr: 2001		Energiebedarf pro Gerät						Bestand					Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus	Gesamt	[in Tsd.]	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]							
Audio-Geräte (stationär)	Kompaktanlage	22	1250	27,5	10	3755	37,6	1,5	3004	4,5	751	69,6	19882	546,8	746,6	89,6	4666,2
	Stereoanlage ¹	90	1250	62,5	10	3755	37,6	4	1255	5,0	2500	105,1	28392	1774,5	1056,1	142,5	2963,1
	Radiowecker	3	90	0,3	1,7	6670	14,7			0,0		15,0	19997	5,4	294,7	0,0	300,1
Audio-Geräte (tragbar)	Radioeekorder	6	220	1,3	1,8	3416	6,1	1	3416	3,4	1708	10,9	13891	18,3	85,4	47,5	151,2
Fernseher	Fernseher Kathodenstrahl ²	75	1646	123,5	7	3305	23,1	2	1905	3,8	1904	150,4	54417	6717,8	1259,9	207,3	8164,0
	Fernseher LCD	40	1646	65,8	5	3305	16,5	2	1905	3,8	1904	86,2	485	31,9	8,0	1,8	41,8
	Fernseher Plasma	350	1646	576,1	7	3305	23,1	2	1905	3,8	1904	603,0	25	14,4	0,6	0,1	15,1
	TV-Projektor	180	1646	296,3	7	3305	23,1	2	1905	3,8	1904	323,2	25	7,4	0,6	0,1	8,1
Videorekorder	Videorekorder	17	440	7,5	6	5547	33,3	2	1387	2,8	1387	43,5	24627	184,2	819,6	69,3	1072,1
	Video-DVD-Spieler/Recorder	17	110	1,9	6	5767	34,8	2	1442	2,9	1442	39,4	2717	5,1	94,0	7,8	106,9
Kameras	Videokamera/Camcorder	9	60	0,5	6	120	0,7	1,5	2349	3,4	6391	4,6	7596	4,1	5,4	25,5	35,0
	Digitale-Fotokamera	9	60	0,5	6	60	0,4	1,5	1704	2,6	6896	3,5	2252	1,2	0,8	5,8	7,8
Sonstiges	Spielkonsole	15	100	1,5	0	0	0,0	1,5	2898	4,3	6762	5,8	9818	14,7	0,0	42,7	57,4
Telefonie (Festnetz)	Schnurlostelefon mit 1 Handgerät	3,5	150	0,5	2,5	8610	21,5		0	0,0		22,1	15101	7,9	325,0	0,0	333,0
	Schnurlostelefon >1 Handgerät	4	150	0,6	2,5	8610	21,5		0	0,0		22,1	4011	2,4	96,3	0,0	98,7
	Anrufbeantworter	3,5	60	0,2	3	6710	26,1		0	0,0		26,3	16181	2,8	422,8	0,0	425,6
	Faxgerät	13	20	0,3	4	6740	35,0		0	0,0		35,2	5312	1,4	195,7	0,0	197,1
Telefonie (mobil)	GSM ³	11,64	62	0,7	0,36	4318	1,6		0	0,0	4360	2,3	47000	33,9	73,1	0,0	107,0
	UMTS ⁴																
	Ladegerät Mobiltelefone ⁵				2	2180	4,4				6570	4,4	47000	0,0	205,9	0,0	205,9
Rechner	PC	65	370	20,4	25	1250	31,3	4	4998	20,0	2142	71,8	18624	379,0	682,0	372,3	1333,3
	Notebook	18	370	6,7	6	671	4,0	4	5286	21,1	2433	31,8	2613	17,4	10,5	55,2	83,2
	PDA	1,5	60	0,1	1,2	2436	2,9	1	3132	3,1	3132	6,1	2835	0,3	8,3	8,9	17,4
Monitore	Kathodenstrahl	70	370	25,9	15	625	9,4	3	3883	11,6	3683	46,9	17782	460,6	188,7	207,1	854,4
	LCD	20	370	7,4	5	675	4,4	2,5	3758	9,4	3758	21,2	842	6,2	3,7	7,9	17,8
Drucker	Timenstrahl	20	30	0,6	6	696	4,2	4	6460	25,8	1572	30,6	14729	8,8	61,7	380,6	451,1
	Laser	150	30	4,5	20	696	14,0	3	4801	14,4	3231	32,9	4452	20,0	82,1	84,1	146,3
	Nadeldrucker	30	30	0,9	16	696	11,2	2	3231	6,6	4801	18,5	995	0,9	11,1	6,4	18,4
sonstige Geräte	Scanner	18	15	0,3	8	696	47,2	4	500	2,0	2349	49,4	8131	2,2	383,5	16,3	402,0
	Fotokopierer	200	5	1,0	40	25	1,0	2	4365	8,7	4365	10,7	2290	2,3	2,3	20,0	24,6
	Aktiboxen (PC)	3	185	0,6	1,5	772	1,2	1	5454	5,6	2349	7,2	13036,8	7,2	15,1	71,1	93,4
Summe	Haushalts-Endgeräte													10279,2	6986,7	9849,0	19114,9

1 bestehend aus HiFi-Verstärker und Kassettenspieler oder CD-Spieler oder Audio-DVD oder Mini-Disc-Standgerät; 2 inkl. Fernseh-Video-Kombi und tragbare Fernseher

3 Leistungsaufnahme unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades beim Ladevorgang; 4 Strombedarf durch in der Steckdose gelassene Ladegeräte; 5 Bereitschaftsbetrieb+Schein-Aus

Jahr: 2005		Energieverbrauch pro Gerät									Bestand		Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Gesamtverbrauch [kWh/a]	[in Tsd.]	Normalbetrieb [GWh]	Bereitschaft [GWh]	Schein-Aus [GWh]	Summe [GWh]	
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]							Aus Nutzzeit [h/a]
Audio-Geräte (stationär)	Kompakterlage ¹	22	1250	27,5	10	3755	37,6	1,5	3004	4,6	751	69,6	20012	560,3	751,5	90,2	1392,0
	Stereanlage	90	1250	62,5	10	3755	37,6	4	1255	5,0	2500	105,1	30244	1890,3	1135,7	151,8	3177,7
	Radiowecker	3	90	0,3	1,7	8670	14,7			0,0		15,0	20138	5,4	296,8	0,0	302,3
Audio-Geräte (tragbar)	Radioröhrender	6	220	1,3	1,8	3416	6,1	1	3416	3,4	1708	10,9	12680	16,7	77,8	43,2	137,8
Fernseher	Radioröhrender	6	220	1,3	1,8	3416	6,1	1	3416	3,4	1708	10,9	12680	16,7	77,8	43,2	137,8
	Fernseher Kathodenstrahl ²	97	1727	167,5	6	4420	26,5	1,5	1307	2,0	1306	196,0	52188	6742,5	1364,0	102,3	10226,8
	Fernseher LCD	45	1727	77,7	5	4420	22,1	1,5	1307	2,0	1306	101,8	5271	409,6	116,5	10,3	536,5
	Fernseher Plasma	350	1727	604,5	6	4420	26,5	1,5	1307	2,0	1306	632,9	75	45,3	2,0	0,1	47,5
	TV-Projektor	180	1727	310,9	6	4420	26,5	1,5	1307	2,0	1306	339,3	75	23,3	2,0	0,1	25,5
Video	Videorekorder	17	452	7,9	6	5532	33,2	1,5	1383	2,1	1383	43,1	21942	172,3	728,3	45,5	946,2
	Video-DVD-Spieler/Recorder	17	291	3,9	5	5666	26,4	1,5	1422	2,1	1422	34,5	16084	63,2	457,3	34,3	554,7
Kameras	Videokamera/Camcorder	9	60	0,5	6	120	0,7	1	2349	2,2	6391	3,5	11405	6,2	8,2	25,6	40,0
	Digital-Fotokamera	9	60	0,5	6	60	0,4	1	1704	1,7	6936	2,6	11484	6,2	4,1	19,6	29,9
Sonstiges	Spielkonsole	40	105	4,2	0	0	0,0	2	2597	5,2	6058	9,4	10774	45,3	0,0	55,9	101,2
Telefonie (Festnetz)	Schnurlostelefon mit 1 Handgerät	3,5	150	0,5	2	8610	17,2			0,0		17,7	16745	9,8	322,8	0,0	332,6
	Schnurlostelefon >1 Handgerät	4	150	0,6	2	8610	17,2			0,0		17,8	6164	3,7	106,1	0,0	109,9
	Anrufbeantworter	3,5	50	0,2	2,5	8710	21,8			0,0		22,0	18574	3,3	404,4	0,0	407,7
	Faxgerät	13	20	0,3	3,5	8740	30,6			0,0		30,9	4857	1,3	148,6	0,0	149,9
Telefonie ³ (mobil)	GSM ⁴	7,23	88	0,6	0,077	4292	0,3		0	0,0	4360	1,0	57790	36,8	19,1	0,0	56,9
	UMTS ⁵	15,77	131	2,1	0,38	4979	1,9		0	0,0	3650	4,0	9210	19,0	17,4	0,0	36,5
	Ladegerät Mobiltelefone ⁴				1	2180	2,2		0	0,0	0	2,2	67000	0,0	146,7	0,0	146,7
Rechner	PC	60	425	25,5	25	1417	35,4	4	4843	19,4	2075	80,3	20763	529,5	735,5	402,2	1667,2
	Notebook	21	425	8,9	6	667	4,0	2,5	5251	13,1	2417	26,1	4543	40,5	18,2	59,6	118,4
	PDA	1,5	70	0,1	1	2426	2,4	0,75	3132	2,3	3132	4,9	6030	0,6	14,8	14,2	29,4
Monitore	Kathodenstrahl	73	425	31,0	15	706	10,6	2	3613	7,6	3613	49,3	18290	567,4	194,4	139,5	901,3
	LCD	20	425	8,5	5	592	5,0	1,5	3672	5,5	3672	19,0	2473	21,0	12,3	13,6	46,9
Drucker	Strahlstrahl	30	35	0,7	6	898	4,2	3	6057	19,4	1671	24,3	17547	12,3	73,5	339,9	425,6
	Laser	150	35	5,3	20	898	14,0	3	4799	14,4	3226	33,6	6152	32,3	95,9	88,8	206,7
	Nadeldrucker	30	35	1,1	16	898	11,2	2	3228	6,6	4799	18,7	342	0,4	3,8	2,2	6,4
sonstige Geräte	Scanner	16	18	0,3	6	606	35,4	2	500	1,0	2334	36,7	16088	4,6	599,6	16,1	590,3
	Fotokopierer	200	5	1,0	40	25	1,0	2	4365	8,7	4365	10,7	1532	1,5	1,5	13,4	16,4
	Aktiboxen (PC)	3	212,5	0,6	1,5	879	1,3	1	5334	5,3	2334	7,3	12457,8	7,9	16,4	65,5	90,8
Summe	Haushalts-Endgeräte												13260,6	7055,1	1734,8	22050,5	

1 bestehend aus HiFi-Verstärker und Kassettenspieler oder CD-Spieler oder Audio-DVD oder Mini-Disc-Standgerät; 2 inkl. Fernseh-Video-Kombi und tragbare Fernseher

3 Leistungsaufnahme unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades beim Ladevorgang; 4 Strombedarf durch in der Steckdose gelassene Ladegeräte; 5 Bereitschaftsbetrieb+Schein-Aus

Jahr: 2010		Energieverbrauch pro Gerät						Bestand					Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Gesamtverbrauch	Bestand [in Tsd.]	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe	
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]							Aus Nutzzeit [h/a]
Audio-Geräte (stationär)	Kompaktanlage ¹	22	1250	27,5	8	3755	30,04	1,5	3004	4,506	751	62.046	20132	2556,6	1983,5	251,2	4791,2
	Stereoanlage	60	1250	62,5	9	3755	33,8	4	1255	5,0	2500	101,3	31960	553,53	604.76538	90.714792	1249.11007
	Radiowecker	3	90	0,3	1,7	8670	14,7			0,0		15,0	20289	1987,5	1000,1	160,4	3236,0
Audio-Geräte (tragbar)	Radioeinkoder	6	220	1,3	1,8	3416	6,1	1	3416	3,4	1708	10,9	11237	5,5	298,6	0,0	304,1
Fernseher	Radioeinkoder													14,8	69,1	38,4	122,3
	Fernseher Kathodenstrahl ²	120	1810	217,2	5	6150	30,8	1,5	400	0,6	400	246,6	36012	14,0	69,1	38,4	122,3
	Fernseher LCD	50	1810	90,5	4	6150	24,6	1,5	400	0,6	400	115,7	21746	10047,6	1696,7	35,7	12586,0
	Fernseher Plasma	350	1810	633,5	5	6150	30,8	1,5	400	0,6	400	664,9	1567	7621,8	1107,4	21,6	8950,7
	TV-Projektor	180	1810	325,8	5	6150	30,8	1,5	400	0,6	400	357,2	200	1968,0	535,0	13,0	2516,0
Videorekorder	Video-DVD-Spiele/Recorder	17	484	8,2	5	6517	27,6	1,5	1379	2,1	1379	37,9	17080	892,7	48,2	0,9	1041,8
	Videorekorder	17	484	8,2	4	6207	24,8	1,5	1035	1,6	1035	34,6	19201	65,2	6,2	0,1	71,4
Kameras	Videokamera/Camcorder	9	60	0,5	6	120	0,7	0,5	2349	1,1	6391	2,4	18242	290,5	947,9	65,1	1311,6
	Digital-Fotokamera	9	60	0,5	6	60	0,4	0,5	1704	0,9	6936	1,8	19250	140,5	471,2	35,3	647,1
Sonstiges	Spielkonsole	50	110	5,5	0	0	0,0	2	2595	5,2	6055	10,7	11310	158,0	479,7	29,8	664,5
Telefonie (Festnetz)	Schnurlostelefon mit 1 Handgerät	3,5	150	0,5	2	8610	17,2			0,0				19,2	18,6	34,7	72,5
	Schnurlostelefon >1 Handgerät	4	150	0,6	2	8610	17,2			0,0				8,8	11,7	18,3	36,7
	Anrufbeantworter	3,5	50	0,2	2	8710	17,4			0,0				10,4	6,9	16,4	33,7
	Faxgerät	13	20	0,3	3	6740	26,2			0,0				62,2	0,0	58,7	120,9
Telefonie (mobil)	GSM ³	5,81	120	0,7	0,0625	4260	0,3			0,0	4380	1,0	56380	20,9	942,4	0,0	963,2
	UMTS ³	7,06	182	1,3	0,125	4926	0,6			0,0	3650	1,9	34740	10,3	339,3	0,0	349,6
	Ladegerät Mobiltelefon ⁴				0,5	2190	1,1					1,1	70100	6,9	181,6	0,0	187,9
														3,4	334,4	0,0	337,7
														0,9	87,1	0,0	88,0
														69,3	107,6	0,0	176,9
														24,7	9,4	0,0	34,1
														44,6	21,4	0,0	66,0
														0,0	76,8	0,0	76,8
Rechner	PC	65	480	31,2	25	1656	41,4	4	4637	18,6	1967	91,1	21513	747,5	930,0	459,8	2137,4
	Notebook	25	480	12,0	6	662	4,0	1,5	5216	7,8	2402	23,8	6289	671,2	890,6	339,0	1960,8
	PDA	1,5	78	0,1	0,8	2418	1,9	0,5	3132	1,6	3132	3,6	7428	75,5	25,0	49,2	149,7
Monitore	Kathodenstrahl	75	480	36,0	16	828	12,4	1	3726	3,7	3726	52,1	14205	0,9	14,4	11,6	26,9
	LCD	20	480	9,6	5	1159	5,8	1	3550	3,6	3650	19,0	7308	501,5	218,0	78,9	879,3
Drucker	Tintenstrahl	20	40	0,9	6	698	4,2	2	6452	12,9	1570	17,9	18409	511,4	176,4	62,9	740,7
	Laser	150	40	6,0	20	698	14,0	3	4796	14,4	3226	34,3	7924	70,2	42,4	26,0	138,6
	Nadeldrucker	30	40	1,2	16	698	11,2	2	3226	6,5	4796	19,8	79	62,4	188,6	352,1	603,0
sonstige Geräte	Scanner	14	20	0,3	5	5904	29,5	1	500	0,5	2396	30,3	19782	14,7	77,1	237,5	329,4
	Fotokopierer	200	6	1,2	40	26	1,0	2	4364	8,7	4364	11,0	770	47,5	110,6	114,0	272,2
	Aktiboxen (PC)	3	240	0,7	1,5	1068	1,6	1	5216	5,2	2236	7,5	12908	0,1	0,9	0,5	1,5
														15,8	605,4	83,9	705,1
														5,5	984,0	9,9	999,4
														0,9	0,8	6,7	8,4
														9,3	20,7	67,3	97,3
Summe	Haushalts-Endgeräte													15296,4	7708,5	1458,6	24463,4

1 bestehend aus HiFi-Verstärker und Kassettenspieler oder CD-Spieler oder Audio-DVD oder Mini-Disc-Standgerät. 2 inkl. Fernseh-Video-Kombi und tragbare Fernseher
3 Leistungsaufnahme unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades beim Ladevorgang. 4 Strombedarf durch in der Steckdose gelassene Ladegeräte. 5 Bereitschaftsbetrieb+Schein-Aus

A1.2 Haushalts-Infrastruktur (für die Jahre 2001, 2005 und 2010)

Jahr: 2001		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand	Gesamtverbrauch				
Geratengruppe	Geratetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus		Total	Normal	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Nutzzeit [h]	Verbrauch [kWh/a]	[in Tsd.]				
Fernsehen														658,4	1369,7	0,0	2028,1
	Satellitenempfänger	20	1873	37,5	9	6687	62,0	0	0	0	0	99,4	12184	458,4	755,2	0,0	1211,6
	Antennenerstärker	4	1873	7,5	4	6687	27,5	0	0	0	0	35,0	4633	36,6	134,5	0,0	171,1
	Set-Top Box	17	1873	31,8	9	6687	62,0	0	0	0	0	93,8	2328	74,1	144,3	0,0	218,4
	LNB	4	1873	7,5	4	6687	27,5	0	0	0	0	35,0	12184	91,3	336,6	0,0	426,9
Internet-/Telefon-/Sonstige-Infrastruktur													443,6	738,6	191,8	1374,0	
	DSL Splitter	4	8760	35,0	0	0	0,0	0	0	0	0	35,0	2200	77,1	0,0	0,0	77,1
	DSL Modem	7	389	2,7	4	668	2,3	3	5462	16,4	2341	21,4	2200	6,0	5,0	38,0	47,0
	CATV-Modem	12	389	4,7	5	668	2,8	3	5462	16,4	2341	23,9	86	0,4	0,2	1,4	2,1
	Satelliten Modem	24	389	9,3	13	6371	108,8	0	0	0	0	118,2	10	0,1	1,1	0,0	1,2
	PLC-Adapter	4	389	1,6	0,5	8371	4,2	0	0	0	0	5,7	129	0,2	0,5	0,0	0,7
	PLC-Hauskoppler	4	8760	35,0	0	0	0,0	0	0	0	0	35,0	86	3,0	0,0	0,0	3,0
	Router (DSL)	12	8760	105,1	0	0	0,0	0	0	0	0	105,1	220	23,1	0,0	0,0	23,1
	Telefon-Modem	12	122	1,5	5	835	4,2	3	5462	16,4	2341	22,0	9418	13,8	39,3	154,3	207,4
	ISDN-Box	6,8	8760	50,8	0	0	0,0	0	0	0	0	50,8	6263	319,2	0,0	0,0	319,2
	Türsprechanlage	10	4	0,0	4,5	8766	39,4	0	0	0	0	39,4	17673	0,7	692,4	0,0	693,1
Summe	Haushalts-Infrastruktur												1102,0	2108,3	191,8	3402,1	

Jahr: 2005		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand	Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus		Total	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Nutzzeit [h]	Verbrauch [kWh/a]	[in Tsd.]				
Fernsehen	Satellitenempfänger	20	2300	46,0	9	6460	58,1	0	0	0	0	104,1	12253	1049,2	1359,9	0,0	2409,1
	Antennenverstärker	4	1996	8,0	4	6764	27,1	0	0	0	0	36,0	5023	40,1	136,9	0,0	176,0
	Set-Top-Box	21	3700	77,7	9	5060	45,6	0	0	0	0	129,2	4282	332,7	195,0	0,0	527,7
	LNB	4	2300	9,2	4	6460	25,8	0	0	0	0	36,0	12253	112,7	316,6	0,0	429,3
Internet-/Telefon-/Sonstige-														1313,6	786,0	186,0	2285,6
Zugangstechnologie	DSL-Splitter	4	8760	35,0	0	0	0,0	0	0	0	0	36,0	10200	357,4	0,0	0,0	357,4
	DSL-Modem	7	243	1,7	4	849	3,4	3	5368	16,1	2300	21,2	7140	12,1	24,2	115,0	151,4
	CATV-Modem	12	243	2,9	6	849	4,2	3	5368	16,1	2300	23,3	2800	8,2	11,9	45,1	65,1
	Satelliten-Modem	24	243	5,8	13	6517	110,7	0	0	0	0	116,6	150	0,9	16,6	0,0	17,5
	PLC-Adapter	4	243	1,0	0,6	6517	4,3	0	0	0	0	5,2	1067	1,0	4,5	0,0	5,6
	PLC-Hauskoppler	4	8760	35,0	0	0	0,0	0	0	0	0	36,0	711	24,9	0,0	0,0	24,9
	Router (DSL)	12	8760	105,1	0	0	0,0	0	0	0	0	106,1	3060	321,7	0,0	0,0	321,7
	Telefon-Modem	12	91	1,1	6	1001	5,0	3	5368	16,1	2300	22,2	1606	1,8	6,0	25,9	35,7
	ISDN-Box	5,8	8760	60,8	0	0	0,0	0	0	0	0	60,8	11612	684,9	0,0	0,0	684,9
	Türsprechanlage	10	4	0,0	4,6	6766	39,4	0	0	0	0	39,4	18291	0,7	720,7	0,0	721,4
Summe	Haushalts-Infrastruktur													2362,0	2145,9	186,0	4694,7

Jahr: 2010		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand	Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus		Total	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Nutzzeit [h]	Verbrauch [kWh/a]	[in Tsd.]				
Fernsehen	Satellitenempfänger	20	2900	56,0	9	5960	53,6	0	0	0,0	0	109,6	12320	689,9	660,8	0,0	1350,8
	Antennenverstärker	4	2128	8,5	4	6632	26,5	0	0	0,0	0	35,0	5070	43,2	134,5	0,0	177,7
	Set-Top-Box	25	9500	140,0	9	3160	28,4	0	0	0,0	0	168,4	7118	996,5	202,4	0,0	1199,0
	LNB	4	2900	11,2	4	5960	23,8	0	0	0,0	0	35,0	12320	130,0	293,7	0,0	431,7
Internet-/Telefon-/Sonstige-Zugangstechnologie														2192,0	920,3	156,5	3268,9
	DSL-Splitter	4	8760	36,0	0	0	0,0	0	0	0,0		35,0	16000	680,8	0,0	0,0	680,8
	DSL-Modem	7	210	1,5	3	1098	3,3	2	5216	10,4	2236	15,2	8000	11,8	26,4	83,5	121,6
	CATV-Modem	12	210	2,5	4	1098	4,4	2	5216	10,4	2236	17,3	7000	17,8	30,7	73,0	121,4
	Satelliten-Modem	24	210	5,0	13	8560	111,2	0	0	0,0	0	116,2	1000	5,0	111,2	0,0	116,2
	PLC-Adapter	4	210	0,8	0,5	8560	4,3	0	0	0,0	0	5,1	3333	2,8	14,2	0,0	17,0
	PLC-Hauskoppler	4	8760	36,0			0,0			0,0		35,0	2222	77,9	0,0	0,0	77,9
	Router (DSL)	12	8760	106,1			0,0			0,0		105,1	8000	641,0	0,0	0,0	641,0
	Telefon-Modem	12	0	0,0	5	0	0,0	3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ISDN-Box	5,8	8760	50,8			0,0			0,0		60,8	13277	674,6	0,0	0,0	674,6
	Türsprechanlage	10	4	0,0	4,5	8760	39,4	0	0	0,0	0	39,4	18726	0,7	737,8	0,0	738,5
Summe	Haushaltsinfrastruktur													4059,6	2211,8	156,5	6427,9

A1.3 Büro-Endgeräte (für die Jahre 2001, 2005 und 2010)

Jahr: 2001		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand (in Tsd.)	Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus		Gesamt	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]
Kameras	Videokamera/Camcorder	9	15	0,1	6	30	0,2	1,5	971	1,3	7844	1,6	1410	0,4	0,4	3,7	4,4
	Digital-Fotokamera	9	16	0,1	6	15	0,1	1,5	873	1,3	7857	1,6	1410	0,2	0,3	1,9	2,3
Telefonie (Festnetz)	Schnurloses Telefon	3,5	330	1,2	2,5	8430	21,1	0	0	0,0	0	22,2	2351	74,4	622,5	0,0	696,9
	Komfort-Telefon	4	330	1,3	2,5	8430	21,1	0	0	0,0	0	22,4	6817	2,7	49,5	0,0	52,3
	Anrufbeantworter	3,5	50	0,2	3	8710	26,1	0	0	0,0	0	26,3	3174	9,0	143,7	0,0	152,7
	Faxgerät	55	330	18,2	12	8430	101,2	0	0	0,0	0	119,3	3424	0,6	82,9	0,0	83,5
Telefonie ¹ (mobil)	GSM																
	UMTS																
Rechner	PC	50	1870	93,5	25	330	8,3	4	5248	21,0	1312	122,7	10451	1150,6	119,1	305,3	1579,0
	Notebook	18	1430	25,7	6	770	4,6	4	3280	13,1	3280	43,9	6700	978,1	86,3	219,6	1284,0
	PDA	1,5	66	0,1	1,2	2575	3,1	1	3060	3,1	3060	6,2	588	172,5	31,0	97,9	291,3
Monitore	Kathodenstrahl	80	1870	149,6	15	550	8,3	3	5072	15,2	1388	173,1	9415	1451,5	80,6	156,5	1688,6
	LCD	22	1870	41,1	5	550	2,9	2,5	5072	12,7	1369	56,6	1045	1408,6	77,7	143,3	1629,4
Drucker	Tintenstrahl	30	110	3,3	6	2200	13,2	4	5160	20,6	1290	37,1	1783	43,0	2,9	13,3	59,2
	Laser	350	220	77,0	50	2090	104,5	2	5160	10,3	1290	191,8	4114	330,4	482,2	83,8	896,3
	Nadeldrucker	30	440	13,2	16	3060	49,3	2	4192	8,4	1048	70,9	588	5,8	23,3	36,4	65,5
Sonstige	Scanner	18	110	2,0	6	6750	46,0	4	1312	6,2	1688	53,2	2351	316,8	429,9	42,5	789,1
	Fotokopierer	600	330	264,0	100	1960	196,0	2	5160	10,3	1290	472,3	5877	7,8	29,0	4,9	41,7
	Beamer	180	110	19,8	7	1730	12,1	2	1730	3,5	5190	35,4	588	1567,8	1278,9	75,8	2921,8
Summe	Büro-Endgeräte													4575,1	2503,6	628,3	7707,0

¹ bei Haushalten bilanziert

Jahr: 2005		Energieverbrauch pro Gerät									Bestand		Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus	Gesamt	[in Tsd.]	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]							
Kameras	Videokamera/Camcorder	9	15	0,1	6	30	0,2	1	671	0,9	7844	1,2	1462	0,4	0,4	2,9	3,7
	Digital-Fotokamera	9	15	0,1	6	15	0,1	1	673	0,9	7857	1,1	1627	0,2	0,3	1,3	1,7
Telefonie (Festnetz)	Schnurloses Telefon	3,5	330	1,2	2	6430	16,9			0,0		18,0	3695	106,3	725,6	0,8	831,9
	Komfort-Telefon	4	330	1,3	2	6430	16,9			0,0		18,2	3709	4,2	61,6	0,0	65,8
	Anrufbeantworter	3,5	60	0,2	2,5	6710	21,8			0,0		22,0	3289	9,6	123,2	0,0	132,9
	Faxgerät	66	330	18,2	11	6430	92,7			0,0		110,9	5059	0,6	71,6	0,0	72,2
Telefonie ¹ (mobil)	GSM			0,0			0,0			0,0				91,8	469,1	0,0	560,9
	UMTS																
Rechner	PC	60	1540	77,0	20	660	13,2	4	5248	21,0	1312	111,2	10355	1006,8	176,6	282,9	1466,3
	Notebook	20	1430	28,6	6	770	4,6	2,5	3280	6,2	3280	41,4	7309	797,3	138,7	217,4	1151,4
	PDA	1,5	110	0,2	1	2530	2,5	0,75	3060	2,3	3060	5,0	2436	209,0	33,8	59,9	302,7
Monitore	Kathodenstrahl	80	1540	123,2	15	660	13,2	2	5072	10,1	1268	146,6	7248	990,2	109,3	89,3	1196,0
	LCD	22	1540	33,9	5	660	4,4	1	5072	5,1	1268	43,4	3106	893,0	95,7	73,5	1062,2
Drucker	Tintenstrahl	30	110	3,3	6	2200	13,2	2	5160	10,3	1290	26,8	1827	105,2	13,7	15,9	134,7
	Laser	390	330	115,5	50	1980	99,0	2	5160	10,3	1290	224,8	4873	568,9	506,5	482,4	1095,5
	Nadeldrucker	30	440	13,2	16	3080	49,3	2	4192	6,4	1048	70,9	0	568,9	506,5	69,1	1144,5
Sonstige	Scanner	18	110	2,0	6	5750	34,5	2	1312	2,6	1588	39,1	2436	1649,0	1240,2	71,3	2960,6
	Fotokopierer	600	330	264,0	95	1980	188,1	2	5160	10,3	1290	462,4	6091	0,0	0,0	0,0	0,0
	Beamer	180	165	29,7	5	1719	8,6	1	1719	1,7	5157	40,0	1218	1649,0	1240,2	71,3	2960,6
Summe	Bare Endgeräte													4329,6	2758,7	515,5	7603,0

1 bei Haushalten bilanziert

Jahr: 2010		Energieverbrauch pro Gerät									Bestand		Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus Nutzzeit [h/a]	Gesamt Verbrauch [kWh/a]	[in Tsd.]	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]				[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]
Kameras	Videokamera/Camcorder	9	15	0,14	6	30	0,18	0,5	871	0,44	7844	0,7905	1513	0,5	0,4	1,5	2,4
	Digital-Fotokamera	9	15	0,14	6	15	0,09	0,5	873	0,44	7867	0,6615	1892	0,2	0,3	0,7	1,1
Telefonie (Festnetz)				0,00			0,00			0,00				0,3	0,2	0,8	1,3
	Schnurloses Telefon	3,5	330	1,16	2	8430	16,86			0,00		18,015	5045	5,8	65,1	0,0	90,9
	Komfort-Telefon	4	330	1,32	2	8430	16,86			0,00		18,18	7819	10,3	131,8	0,0	142,1
	Anrufbeantworter Faxgerät	3,5	50	0,18	2	8710	17,42			0,00		17,595	3405	0,6	59,3	0,0	59,9
Telefonie ¹ (mobil)		55	330	18,15	10	8430	84,30			0,00		102,45	5390	97,9	454,4	0,0	552,2
	GSM UMTS																
Rechner																	
	PC	50	1430	71,50	20	770	15,40	4	5248	20,99	1312	107,892	10090	1009,0	285,9	263,0	1469,7
	Notebook PDA	22	1430	31,46	6	770	4,62	1,5	3290	4,52	3280	41	8829	721,4	155,4	211,8	1089,6
Monitore		1,5	220	0,33	0,8	2420	1,94	0,5	3060	1,53	3060	3,796	5045	277,7	40,8	43,4	361,9
	Kathodenstrahl LCD	60	1430	114,40	15	990	14,85	1	5072	5,07	1268	134,322	6054	692,6	89,9	30,7	813,2
Drucker		22	1430	31,46	5	990	4,95	1,5	5072	7,61	1268	44,018	4036	127,0	20,0	30,7	177,7
	Tintenstrahl	30	110	3,30	6	2200	13,20	3	5160	15,48	1290	31,98	1892	783,2	496,7	81,4	1361,2
	Laser	350	440	154,00	50	1870	93,50	2	5160	10,32	1290	257,82	5045	62,2	26,0	29,3	80,5
	Nadeldrucker	30	440	13,20	16	3080	49,28	2	4192	8,38	1048	70,864	0	776,9	471,7	52,1	1300,7
Sonstige														0,0	0,0	0,0	0,0
	Scanner	18	110	1,98	6	5750	38,75	1	1312	1,31	1688	32,042	2522	1744,7	1143,5	71,6	2959,8
	Fotokopierer	800	330	264,00	85	1980	169,30	2	5160	10,32	1290	442,62	6306	5,0	72,5	3,3	80,8
	Beamer	160	220	39,60	3	1708	5,12	1	1708	1,71	5124	46,432	1892	1954,8	1061,3	65,1	2791,2
Summe																	
	Baro-Endgeräte																
														4463,3	2587,8	478,8	7629,1

¹ bei Haushalten bilanziert

A1.4 Büro-Infrastruktur (für die Jahre 2001, 2005 und 2010)

Jahr: 2001		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand		Gesamtverbrauch				
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus	Gesamt	[in Tsd.]	Normalbetrieb		Bereitschaft	Schein-Aus	Summe
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]		[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	
Vernetzung	Router	40	8760	350,4	0	0	0	0	0	0	0	360,4	1304	664,8	0,0	0,0	0,0	664,8
	Hubs/Switches	1,5	8760	13,1	0	0	0	0	0	0	0	13,1	15917	495,9	0,0	0,0	0,0	495,9
Telefon/Sonstige														160,0	272,5	0,0	0,0	433,3
Infrastruktur	Nebenstellen Anlage [W/Teilnehmer]	2	8760	17,5			0					17,5	9168	160,6	0,0	0,0	0,0	160,6
	Türsprechanlage	13	4	0,1	10	8756	87,6					0	87,6	0,2	272,5	0,0	0,0	272,7
Server														3045,1	0,0	0,0	0,0	3045,1
	unteres Preissegment (< 25kEuro)	150	8760	1314,0	0	0	0	0	0	0	0	1314,0	784	1029,6	0,0	0,0	0,0	1029,6
	mittleres Preissegment (25-100kEuro)	800	8760	7008,0	0	0	0	0	0	0	0	7008,0	107	749,9	0,0	0,0	0,0	749,9
	oberes Preissegment (>100kEuro)	2500	8760	21300,0	0	0	0	0	0	0	0	21300,0	99	2165,7	0,0	0,0	0,0	2165,7
USV ¹														302,2	0,0	0,0	0,0	302,2
	für Router	0,68 [#]	8760	42,0	0	0	0	0	0	0	0	42,0	913	38,4	0,0	0,0	0,0	38,4
	für Hubs/Switches	0,68 [#]	8760	1,6	0	0	0	0	0	0	0	1,6	7909	12,5	0,0	0,0	0,0	12,5
	für Server unteres Preissegment	0,68 [#]	8760	157,7	0	0	0	0	0	0	0	157,7	549	85,5	0,0	0,0	0,0	85,5
	für Server mittleres Preissegment	0,68 [#]	8760	841,0	0	0	0	0	0	0	0	841,0	75	62,9	0,0	0,0	0,0	62,9
	für Server oberes Preissegment	0,68 [#]	8760	2629,0	0	0	0	0	0	0	0	2629,0	69	182,0	0,0	0,0	0,0	182,0
Summe	Bere-Infrastruktur													5152,9	272,5	0,0	0,0	5425,4

¹ Berechnung des Energiebedarfs über den Wirkungsgrad

[#] Wirkungsgrad

Jahr: 2005		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand		Gesamterverbrauch			
Geratengruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus Nutzzeit [h/a]	Gesamt Verbrauch [kWh/a]	[in Tsd.]	Normalbetrieb [GWh]	Bereitschaft [GWh]	Schein-Aus [GWh]	Summe [GWh]
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]							
Vernetzung	Router	40	8760	350,4	0	0	0	0	0	0	0	350,4	1996	555,7	0,0	0,0	555,7
	Hubs/Switches	1,5	8760	13,1	0	0	0	0	0	0	0	13,1	19226	252,6	0,0	0,0	252,6
Telnet/Sonstige														192,3	272,5	0,0	464,8
Infrastruktur	Nebenstellen Anlage [W/Teilnehmer]	2	8760	17,5			0					17,5	10964	192,1	0,0	0,0	192,1
	Türsprechanlage	13	4	0,1	10	8766	87,6	0	0	0	0	87,6	3112	0,2	272,5	0,0	272,7
Server														5799,9	0,0	0,0	5799,9
	unteres Preissegment (< 25kEuro)	180	8760	1576,8	0	0	0	0	0	0	0	1576,8	952	1501,8	0,0	0,0	1501,8
	mittleres Preissegment (25-100kEuro)	1000	8760	8760,0	0	0	0	0	0	0	0	8760,0	130	1137,7	0,0	0,0	1137,7
	oberes Preissegment (>100kEuro)	3000	8760	26280,0	0	0	0	0	0	0	0	26280,0	120	3160,4	0,0	0,0	3160,4
USV ¹														653,2	0,0	0,0	653,2
	für Router	0,9 [#]	8760	35,0	0	0	0	0	0	0	0	35,0	1996	55,6	0,0	0,0	55,6
	für Hubs/Switches	0,9 [#]	8760	1,3	0	0	0	0	0	0	0	1,3	13458	17,7	0,0	0,0	17,7
	für Server unteres Preissegment	0,9 [#]	8760	157,7	0	0	0	0	0	0	0	157,7	952	150,2	0,0	0,0	150,2
	für Server mittleres Preissegment	0,9 [#]	8760	876,0	0	0	0	0	0	0	0	876,0	130	113,8	0,0	0,0	113,8
	für Server oberes Preissegment	0,9 [#]	8760	2628,0	0	0	0	0	0	0	0	2628,0	120	316,0	0,0	0,0	316,0
Summe	Bere Infrastrukt.													7453,7	272,5	0,0	7726,3

¹ Berechnung des Energiebedarfs über den Wirkungsgrad

[#] Wirkungsgrad

Jahr: 2010		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand		Gesamterverbrauch			
Gerätegruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus	Gesamt Verbrauch [kWh/a]	Bestand (in Tsd.)	Normalbetrieb [GWh]	Bereitschaft [GWh]	Schein-Aus [GWh]	Summe [GWh]
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Nutzzeit [h/a]						
Vernetzung	Router	40	8760	350,4	0	0	0	0	0	0	0	350,4	2024	709,2	0,0	0,0	709,2
	Hubs/Switches	1,5	8760	13,1	0	0	0	0	0	0	0	13,1	24537	322,4	0,0	0,0	322,4
Telefon/Sonstige														225,5	272,5	0,0	498,1
Infrastruktur	Nebenstellen Anlage (Wart/Teilnehmer)	2	8760	17,5			0					17,5	12954	225,4	0,0	0,0	225,4
	Türsprechanlage	13	4	0,1	10	8756	87,6	0	0	0	0	87,6	3112	0,2	272,5	0,0	272,7
Server				0,0								0,0		8796,9	0,0	0,0	8796,9
	unteres Preissegment (< 25kEuro)	220	8760	1927,2	0	0	0	0	0	0	0	1927,2	1216	2342,7	0,0	0,0	2342,7
	mittleres Preissegment (25-100kEuro)	1200	8760	10512,0	0	0	0	0	0	0	0	10512,0	166	1742,5	0,0	0,0	1742,5
	oberes Preissegment (>100kEuro)	3500	8760	30660,0	0	0	0	0	0	0	0	30660,0	153	4705,8	0,0	0,0	4705,8
USV ¹														789,6	0,0	0,0	789,6
	für Router	0,92 [#]	8760	28,0	0	0	0	0	0	0	0	28,0	2024	56,7	0,0	0,0	56,7
	für Hubs/Switches	0,92 [#]	8760	1,1	0	0	0	0	0	0	0	1,1	19530	20,6	0,0	0,0	20,6
	für Server unteres Preissegment	0,92 [#]	8760	154,2	0	0	0	0	0	0	0	154,2	1216	197,4	0,0	0,0	197,4
	für Server mittleres Preissegment	0,92 [#]	8760	841,0	0	0	0	0	0	0	0	841,0	166	139,4	0,0	0,0	139,4
	für Server oberes Preissegment	0,92 [#]	8760	2452,8	0	0	0	0	0	0	0	2452,8	153	376,5	0,0	0,0	376,5
Summe	Büro-Infrastruktur													10828,7	272,5	0,0	11101,2

¹ Berechnung des Energiebedarfs über den Wirkungsgrad

[#] Wirkungsgrad

**A1.5 Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen
(für die Jahre 2001, 2005 und 2010)**

Jahr: 2001		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand [in Tsd.]	Gesamtverbrauch			
Gruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus Nutzzeit [h/a]		Gesamt Verbrauch [kWh/a]	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]		[GWh]		[GWh]	[GWh]	[GWh]
Festnetzanbieter	Telefonkanal (Watt pro Kanal)	2,44	8760	21,4							21,4	50260,0	1121,0			1121,0
	DSL-Anschluss (Watt pro Anschluss)	2,4	8760	21,0							21,0	2200,0	1074,7			1074,7
Mobilfunkanbieter	Basisstationen GSM	1660	8760	16466,8							16466,8	50,7	634,6			634,6
	Basisstationen UMTS			0,0							0,0	0,0	0,0			0,0
	Vermittlungstechnik GSM	146000	8760	1278960,0							1278960,0	0,2	294,2			294,2
	Vermittlungstechnik UMTS			0,0							0,0	0,0	0,0			0,0
Summe	Infrastruktur TK												2249,7			2249,7

Jahr: 2005		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand [in Tsd.]	Gesamtverbrauch			
Gruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus Nutzzeit [h/a]		Gesamt Verbrauch [kWh/a]	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]		[GWh]		[GWh]	[GWh]	[GWh]
Festnetzanbieter	Telefonkanal (Watt pro Kanal)	2,44	8760	21,4							21,4	53951,0	1153,2			1153,2
	DSL-Anschluss (Watt pro Anschluss)	1,8	8760	15,8							15,8	10200,0	160,8			160,8
Mobilfunkanbieter	Basisstationen GSM	1780	8760	15592,8							15592,8	62,9	961,1			961,1
	Basisstationen UMTS	3810	8760	33375,6							33375,6	20,6	687,5			687,5
	Vermittlungstechnik GSM	140050	8760	1226838,0							1226838,0	0,3	350,9			350,9
	Vermittlungstechnik UMTS	300520	8760	2632555,2							2632555,2	0,1	225,4			225,4
Summe	Infrastruktur TK												3560,0			3399,1

Jahr: 2010		Energieverbrauch pro Gerät										Bestand [in Tsd.]	Gesamtverbrauch			
Gruppe	Gerätetyp	Normalbetrieb			Bereitschaftsbetrieb			Schein-Aus			Aus Nutzzeit [h/a]		Gesamt Verbrauch [kWh/a]	Normalbetrieb	Bereitschaft	Schein-Aus
		Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Leistung [W]	Nutzzeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]		[GWh]		[GWh]	[GWh]	[GWh]
Festnetzanbieter	Telefonkanal (Watt pro Kanal)	2,44	8760	21,4							21,4	55483,0	1185,9			1185,9
	DSL-Anschluss (Watt pro Anschluss)	1,7	8760	14,9							14,9	16000,0	238,3			238,3
Mobilfunkanbieter	Basisstationen GSM	1690	8760	14904,4							14904,4	63,0	932,7			932,7
	Basisstationen UMTS	3400	8760	29784,0							29784,0	79,2	2359,0			2359,0
	Vermittlungstechnik GSM	134100	8760	1174716,0							1174716,0	0,3	336,0			336,0
	Vermittlungstechnik UMTS	259980	8760	2277424,8							2277424,8	0,3	751,6			751,6
Summe	Infrastruktur TK												5803,3			5803,3