



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

**Abschlussbericht 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 |
|--|-----------|
| Abbildungsverzeichnis | V |
| Tabellenverzeichnis | IX |
| 1 Allgemeine Beschreibung des Forschungsvorhabens | 1 |
| 1.1 Problemstellung..... | 1 |
| 1.2 Zielsetzung | 3 |
| 1.3 Methodisches Vorgehen..... | 4 |
| 1.4 Untersuchungsgang | 8 |
| 2 Auswahl, Definition und Abgrenzung der in der Untersuchung berücksichtigten Geräte und zugehöriger Infrastruktur | 11 |
| 2.1 Übersicht..... | 11 |
| 2.2 Beschreibung der Geräte und der Infrastruktur | 15 |
| 2.2.1 Endgeräte..... | 15 |
| 2.2.2 Gebäudeinterne Infrastruktur..... | 18 |
| 2.2.3 Vernetztes Haus | 24 |
| 2.2.4 Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen..... | 27 |
| 2.2.5 Data Centres | 29 |
| 3 Bestand und erwartete Marktentwicklung moderner Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland bis 2010..... | 33 |
| 3.1 Endgeräte in privaten Haushalten..... | 33 |
| 3.1.1 Audio-Geräte | 33 |
| 3.1.2 Fernseher | 36 |
| 3.1.3 Videorekorder und Kameras..... | 38 |
| 3.1.4 Sonstige Unterhaltungselektronik | 42 |
| 3.1.5 Festnetztelefon..... | 43 |
| 3.1.6 Mobiles Telefon..... | 46 |
| 3.1.7 Personal Computer | 48 |
| 3.1.8 Monitor | 50 |
| 3.1.9 Drucker | 51 |
| 3.1.10 Sonstige Datenverarbeitungsgeräte..... | 52 |

II

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.2 | Vernetztes Haus | 54 |
| 3.2.1 | Konvergenz der Netze | 54 |
| 3.2.2 | Multimedia-Dienste..... | 61 |
| 3.2.3 | Haustechnik (Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Sicherheitstechnik)..... | 61 |
| 3.2.4 | Weiße Ware | 62 |
| 3.3 | Endgeräte in Büros..... | 63 |
| 3.3.1 | Kameras..... | 64 |
| 3.3.2 | Festnetz Telefon..... | 65 |
| 3.3.3 | Mobiles Telefon..... | 68 |
| 3.3.4 | Personal Computer | 69 |
| 3.3.5 | Monitor | 72 |
| 3.3.6 | Drucker | 73 |
| 3.3.7 | Sonstige Datenverarbeitungsgeräte..... | 74 |
| 3.4 | Infrastruktur in privaten Haushalten und Büros | 76 |
| 3.4.1 | Internet-, Telefon- und sonstige Infrastruktur | 77 |
| 3.4.2 | Fernseher-Infrastruktur | 86 |
| 3.4.3 | Netzinfrastuktur in Büros..... | 93 |
| 3.5 | Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen..... | 98 |
| 3.5.1 | Fernmeldenetz-Infrastruktur | 98 |
| 3.5.2 | Mobilfunk-Infrastruktur | 100 |
| 3.6 | Data Centres | 103 |
| 4 | Energiebedarf und Einsparpotenziale moderner Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland bis 2010..... | 111 |
| 4.1 | Energiebedarf der Endgeräte in Haushalten und Büros | 111 |
| 4.1.1 | Audio-Geräte | 112 |
| 4.1.2 | Fernseher und Videorekorder | 116 |
| 4.1.3 | Kameras und sonstige Video-Geräte | 122 |
| 4.1.4 | Festnetz-Telefon..... | 125 |
| 4.1.5 | Mobiles Telefon..... | 129 |
| 4.1.6 | Personal Computer | 138 |
| 4.1.7 | Monitore..... | 144 |
| 4.1.8 | Drucker | 146 |
| 4.1.9 | Sonstige Geräte der Datenverarbeitung..... | 148 |
| 4.2 | Energiebedarf der gebäudeinternen Infrastruktur..... | 152 |
| 4.2.1 | Fernseher-Infrastruktur | 152 |

III

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.2.2 | Internetinfrastruktur..... | 156 |
| 4.2.3 | Telefonanlagen/Sonstiges..... | 164 |
| 4.2.4 | Server..... | 165 |
| 4.2.5 | USV..... | 168 |
| 4.2.6 | Vernetztes Haus..... | 169 |
| 4.3 | Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen..... | 173 |
| 4.3.1 | Festnetzanbieter..... | 173 |
| 4.3.2 | Mobilfunkanbieter..... | 175 |
| 4.4 | Data Centres..... | 179 |
| 4.4.1 | Energiebedarf heute..... | 179 |
| 4.4.2 | Aufteilung des Energiebedarfs..... | 182 |
| 4.4.3 | Energieeinsparpotenzial im Bereich der Infrastruktur..... | 185 |
| 4.4.4 | Perspektiven des Energiebedarfs..... | 186 |
| 4.5 | Erwartete Entwicklung des Energiebedarfs von IuK- Technologien zwischen 2001 und 2010..... | 189 |
| 4.5.1 | Energiebedarf in den verschiedenen Betriebsmodi..... | 192 |
| 4.5.2 | Energiebedarf nach Nutzungsbereichen..... | 193 |
| 4.5.3 | Energiebedarf nach Geräteklassen..... | 196 |
| 4.6 | Optionen und Potenziale zur Energieeinsparung bei IuK- Technologien..... | 203 |
| 4.6.1 | Optionen und Potenziale im Schein-Aus-Zustand..... | 203 |
| 4.6.2 | Optionen und Potenziale im Bereitschaftsbetrieb..... | 206 |
| 4.6.3 | Optionen und Potenziale im Normalbetrieb..... | 209 |
| 4.7 | Weitergehende Auswirkungen von IuK-Anwendungen auf den Energiebedarf..... | 215 |
| 4.7.1 | Substitution von IuK-Anwendungen am Beispiel des Faxgerätes..... | 216 |
| 4.7.2 | Vernetztes Haus..... | 218 |
| 4.7.3 | Telearbeit..... | 220 |
| 4.7.4 | E-Commerce..... | 224 |
| 5 | Entwicklung eines Frühwarnsystems für den Energieverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnik..... | 231 |
| 5.1 | Trends in der Informations- und Kommunikations- technologie..... | 231 |
| 5.2 | Entwicklung der Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnik..... | 234 |
| 5.3 | Entwicklung eines Frühwarnsystems..... | 240 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.3.1 | Bestandsrelevante Einflussfaktoren..... | 240 |
| 5.3.2 | Leistungsrelevante Einflussfaktoren..... | 241 |
| 5.3.3 | Nutzungsrelevante Einflussfaktoren..... | 242 |
| 5.3.4 | CI-Matrix des Frühwarnsystems | 243 |
| 5.3.5 | Ergebnisse für das Frühwarnsystem..... | 245 |
| 6 | Energiepolitische Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz von IuK-Geräten..... | 247 |
| 6.1 | Überblick über grundsätzlich mögliche Maßnahmen..... | 247 |
| 6.2 | Überblick über bereits bestehende, geplante und vorgeschlagene Maßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene | 251 |
| 6.2.1 | Ordnungsrecht | 251 |
| 6.2.2 | Ökonomische Instrumente..... | 256 |
| 6.2.3 | Instrumente der Technologie- und Innovationspolitik | 258 |
| 6.2.4 | Informatorische, organisatorische und freiwillige Instrumente | 261 |
| 7 | Schlussfolgerungen und Empfehlungen..... | 275 |
| 7.1 | Wesentliche Ergebnisse und Schlussfolgerungen..... | 275 |
| 7.2 | Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Schein-Aus-Zustand | 278 |
| 7.3 | Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Bereitschaftsbetrieb | 279 |
| 7.4 | Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Normalbetrieb..... | 281 |
| 7.5 | Generelle Empfehlungen..... | 283 |
| 7.6 | Weiterer Forschungsbedarf..... | 284 |
| 8 | Literaturverzeichnis | 287 |
| | Abkürzungsverzeichnis..... | 309 |

Anhang 1-7 in separatem Band

Abbildungsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| Abbildung 1.3-1: In dieser Studie verwendete Definition der Betriebszustände bei IuK-Geräten..... | 6 |
| Abbildung 1.3-2: Modell zur Ermittlung des Strombedarfs von IuK-Geräten und der zugehörigen Infrastruktur | 7 |
| Abbildung 2.2-1: Beteiligte Geräte beim Endbenutzer beim analogen Fernsehempfang..... | 19 |
| Abbildung 2.2-2: Vom Endbenutzer für einen digitalen Fernsehempfang eingesetzte Geräte..... | 20 |
| Abbildung 2.2-3: Haus mit externen und internen Netzen..... | 25 |
| Abbildung 2.2-4: Haus mit mehreren nicht verbundenen Teilnetzen..... | 26 |
| Abbildung 2.2-5: Architektur eines GSM-Mobilfunknetzes..... | 28 |
| Abbildung 2.2-6: Struktur von Intranet und Internet..... | 30 |
| Abbildung 2.2-7: Data Centres nach Geräteeigentümer und Hauptserverarten..... | 31 |
| Abbildung 3.1-1: Entwicklung der Zahl der Radiogeräte bis 2010..... | 34 |
| Abbildung 3.1-2: Entwicklung der Zahl der Stereoanlagen aus Einzelkomponenten bis 2010..... | 35 |
| Abbildung 3.1-3: Entwicklung der Zahl der Fernseher bis 2010..... | 37 |
| Abbildung 3.1-4: Entwicklung der Zahl der DVD-Geräte und Videorekorder bis 2010..... | 40 |
| Abbildung 3.1-5: Entwicklung der Zahl der Videokameras/Camcorder bis 2010..... | 41 |
| Abbildung 3.1-6: Entwicklung der Zahl der digitalen Fotokameras bis 2010 | 42 |
| Abbildung 3.1-7: Entwicklung der Zahl der Spielkonsolen bis 2010 | 43 |
| Abbildung 3.1-8: Entwicklung der Zahl der Telefonanschlüsse und Telefone bis 2010..... | 44 |
| Abbildung 3.1-9: Entwicklung der Zahl der Faxgeräte bis 2010 | 45 |
| Abbildung 3.1-10: Entwicklung der Zahl der Anrufbeantworter bis 2010 | 46 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Abbildung 3.1-11: | Entwicklung und Prognose der Anzahl der Mobilfunkteilnehmer | 48 |
| Abbildung 3.1-12: | Entwicklung der Zahl der Desktop- und Notebook-Computer bis 2010..... | 49 |
| Abbildung 3.1-13: | Entwicklung der Zahl der PDAs bis 2010 | 50 |
| Abbildung 3.1-14: | Entwicklung der Zahl der Computer-Monitore bis 2010..... | 51 |
| Abbildung 3.1-15: | Entwicklung der Zahl der Drucker bis 2010..... | 52 |
| Abbildung 3.1-16: | Entwicklung der Zahl der Scanner bis 2010 | 53 |
| Abbildung 3.2-1: | Ein einziges Netz im Haus mit Gateway als Schnittstelle zur Außenwelt | 55 |
| Abbildung 3.2-2: | Verschiedene Netzwerke im Haus mit Gateway als Schnittstelle zur Außenwelt | 58 |
| Abbildung 3.2-3: | Anzahl vernetzter Haushalte in der USA..... | 60 |
| Abbildung 3.3-1: | Verwendung von Arbeitsmitteln im Büro | 64 |
| Abbildung 3.3-2: | Entwicklung der Zahl der Festnetztelefone im Bürobereich bis 2010 | 66 |
| Abbildung 3.3-3: | Entwicklung der Zahl der Anrufbeantworter im Bürobereich bis 2010 | 67 |
| Abbildung 3.3-4: | Entwicklung der Zahl der Faxgeräte im Bürobereich bis zum Jahr 2010 | 68 |
| Abbildung 3.3-5: | Entwicklung von Desktop- und Notebook-Computern im Bürobereich bis 2010..... | 71 |
| Abbildung 3.3-6: | Entwicklung der Zahl der PDAs im Bürobereich bis 2010..... | 72 |
| Abbildung 3.3-7: | Entwicklung von Computer-Monitoren im Bürobereich bis 2010 | 73 |
| Abbildung 3.3-8: | Entwicklung der Zahl der Scanner im Bürobereich bis 2010..... | 74 |
| Abbildung 3.3-9: | Entwicklung der Zahl der Fotokopierer im Bürobereich bis 2010 | 75 |
| Abbildung 3.3-10: | Entwicklung der Zahl der Beamer im Bürobereich bis 2010..... | 76 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Abbildung 3.4-1: | Entwicklung der Zahl der ISDN-Anschlüsse in privaten Haushalten bis 2010..... | 80 |
| Abbildung 3.4-2: | Entwicklung der Zahl breitbandiger Internetanschlüsse bis 2010 | 84 |
| Abbildung 3.4-3: | Entwicklung der Zahl der Satellitenempfänger bis 2010..... | 86 |
| Abbildung 3.4-4: | Entwicklung der Zahl der Set-top-Boxen bis 2010..... | 89 |
| Abbildung 3.5-1: | Entwicklung der Zahl der Telefonkanäle im Festnetz bis 2010..... | 100 |
| Abbildung 3.5-2: | Entwicklung und Prognose der Anzahl der Mobilfunkbasisstationen..... | 102 |
| Abbildung 3.6-1: | Im Jahre 2000 prognostizierte Entwicklung von Beginn bis Ende 2000 der betriebsbereiten Geschossflächen von Data Centres in europäischen Großstädten..... | 104 |
| Abbildung 3.6-2: | Entwicklung der Geschossfläche von Data Centres in den USA..... | 105 |
| Abbildung 3.6-3: | Entwicklung der Geschossfläche von Data Centres (und Telecom Switches) in den Niederlanden..... | 105 |
| Abbildung 3.6-4: | Der IT-Outsourcing-Markt in der Schweiz..... | 107 |
| Abbildung 3.6-5: | Indikatoren für die Internetinfrastruktur und Internetnutzung, gemessen relativ zu Deutschland, in ausgewählten Ländern..... | 110 |
| Abbildung 4.1-1: | Elektrischer Leistungsaufnahme im Normalbetrieb von Fernsehern in Abhängigkeit von Bildschirmtechnologie, Bildabtastrate und Bildschirmgröße..... | 117 |
| Abbildung 4.1-2: | Entwicklung und Prognose der Leistungsaufnahme der Mobilfunk-Endgeräte im Normalbetrieb | 131 |
| Abbildung 4.1-3: | Entwicklung und Prognose der Leistungsaufnahme der Mobilfunk-Endgeräte im Bereitschaftsbetrieb | 131 |
| Abbildung 4.1-4: | Bereitschaftsleistung von Ladegeräten für Mobiltelefone | 136 |
| Abbildung 4.1-5: | Verteilung des Ladegerättyps nach Handypreis..... | 137 |

VIII

| | | |
|------------------|---|-----|
| Abbildung 4.4-1: | Lastfluss eines Rechenzentrums mit 4 MW elektrischer Leistung..... | 183 |
| Abbildung 4.4-2: | Aufteilung des Rechnerraumstroms nach Endabnehmern..... | 184 |
| Abbildung 4.5-1: | Energiebedarf der IuK-Technik nach Betriebsarten..... | 193 |
| Abbildung 4.5-2: | Energiebedarf der IuK-Technik nach Bereichen im Jahr 2001 | 194 |
| Abbildung 4.5-3: | Energiebedarf der IuK-Technik nach Bereichen im Jahr 2005 | 194 |
| Abbildung 4.5-4: | Energiebedarf der IuK-Technik nach Bereichen im Jahr 2010..... | 195 |
| Abbildung 4.5-5: | Energiebedarf der IuK-Technologie nach Geräteklassen..... | 197 |
| Abbildung 4.7-1: | Entwicklung der Zahl der Telearbeiter bis 2010..... | 221 |
| Abbildung 4.7-2: | Formen der Telearbeit..... | 222 |

Tabellenverzeichnis

| | Seite |
|----------------|---|
| Tabelle 2.1-1: | Liste der in dieser Untersuchung berücksichtigten Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik und der zugehörigen Infrastruktur.....12 |
| Tabelle 3.1-1: | Haushaltsausstattung mit Radiogeräten für die Jahre 2001, 2005 und 2010.....34 |
| Tabelle 3.1-2: | Haushaltsausstattung mit Radio-Geräten für die Jahre 2001, 2005 und 201036 |
| Tabelle 3.1-3: | Haushaltsausstattung mit Fernsehern für die Jahre 2001, 2005 und 2010.....36 |
| Tabelle 3.1-4: | Haushaltsausstattung mit Fernsehern für die Jahre 2001, 2005 und 2010.....38 |
| Tabelle 3.3-1: | Umsatzentwicklung und Stückzahl für Rechner in der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1998 bis 2002.....69 |
| Tabelle 3.3-2: | Ausstattung von Unternehmen mit Rechnern nach Unternehmensgröße im Jahr 200070 |
| Tabelle 3.3-3: | Verkaufte Kopierer in Deutschland von 1998 bis 200275 |
| Tabelle 3.4-1: | Anzahl der Arbeitsstätten in Deutschland nach Mitarbeiter-Größenklassen in Deutschland 200177 |
| Tabelle 3.4-2: | Ausstattung von Haushalte und Büros mit DSL-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 201078 |
| Tabelle 3.4-3: | Ausstattung von Haushalten und Büros mit CATV-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 201079 |
| Tabelle 3.4-5: | Ausstattung von Haushalten und Büros mit WLL-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 201083 |
| Tabelle 3.4-6: | Ausstattung von Haushalten und Büros mit Satelliten-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 201083 |
| Tabelle 3.4-7: | Ausstattung von Haushalten und Büros mit Telefon-Modems für die Jahre 2001, 2005 und 2010.....84 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tabelle 3.4-8: | Ausstattung von Büros mit Telefon-Nebenstellenanlagen für die Jahre 2001, 2005 und 2010..... | 85 |
| Tabelle 3.4-9: | Ausstattung von Haushalten und Büros mit Türsprechanlagen für die Jahre 2001, 2005 und 2010..... | 85 |
| Tabelle 3.4-11: | Auf dem Markt in Deutschland erhältliche digitale Empfangsgeräte..... | 88 |
| Tabelle 3.4-12: | Anzahl der Arbeitsstationen pro Server in Unternehmen..... | 94 |
| Tabelle 3.4-13: | Entwicklung der Verkaufszahlen von Servern für Deutschland, 2000 bis 2002..... | 95 |
| Tabelle 3.4-14: | Ausstattung von Büros mit Routern (2001)..... | 96 |
| Tabelle 3.4-15: | Ausstattung von in Büros mit Netzverteilern (2001)..... | 97 |
| Tabelle 3.4-16: | Abschätzung des Bestandsentwicklung der Netzinfrastruktur in Büros für die Jahre 2001, 2005 und 2010..... | 98 |
| Tabelle 3.5-1: | Festnetz-Infrastruktur (2001)..... | 99 |
| Tabelle 3.5-2: | Entwicklung und Prognose der Anzahl der Infrastrukturkomponenten..... | 102 |
| Tabelle 3.6-1: | Internationaler Vergleich von Indikatoren für die Internetinfrastruktur..... | 109 |
| Tabelle 3.6-2: | Schätzungen für die Geschossfläche der Data Centres (im engeren Sinn) in Deutschland..... | 110 |
| Tabelle 4.1-1: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Kompaktanlage..... | 113 |
| Tabelle 4.1-2: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Stereoanlage aus Einzelkomponenten..... | 114 |
| Tabelle 4.1-3: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Radiowecker..... | 115 |
| Tabelle 4.1-4: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: tragbare Radiorekorder..... | 116 |
| Tabelle 4.1-5: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Fernseher Kathodenstrahl..... | 120 |
| Tabelle 4.1-6: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Fernseher LCD..... | 120 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabelle 4.1-7: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Fernseher Plasma | 120 |
| Tabelle 4.1-8: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: TV-Projektoren..... | 121 |
| Tabelle 4.1-9: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Videorekorder | 122 |
| Tabelle 4.1-10: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Video-DVD-Spieler/Rekorder..... | 122 |
| Tabelle 4.1-11: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Videokamera | 123 |
| Tabelle 4.1-12: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Digitalfotokamera | 124 |
| Tabelle 4.1-13: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Video-Spielkonsole | 125 |
| Tabelle 4.1-14: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Schnurlostelefon mit Basisstation und einem Handgerät..... | 126 |
| Tabelle 4.1-15: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Schnurlostelefon mit Basisstation und mehreren Handgerät..... | 127 |
| Tabelle 4.1-16: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Anrufbeantworter..... | 128 |
| Tabelle 4.1-17: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Faxgerät..... | 129 |
| Tabelle 4.1-18: | Untersuchte GSM-Mobiltelefone und ihr Wirkungsgrad beim Aufladen..... | 132 |
| Tabelle 4.1-19: | Abschätzungen zu den Bereitschaftszeiten von GSM-Handys | 133 |
| Tabelle 4.1-20: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: GSM-Mobiltelefon..... | 135 |
| Tabelle 4.1-21: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: UMTS-Mobiltelefon..... | 135 |
| Tabelle 4.1-22: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Ladegeräte der GSM/UMTS-Mobiltelefone im Leerlauf..... | 137 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabelle 4.1-23: | Leistungsaufnahmen eines PC | 138 |
| Tabelle 4.1-24: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Personal Computer (PC) | 141 |
| Tabelle 4.1-25: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Notebooks | 143 |
| Tabelle 4.1-26: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: PDA..... | 143 |
| Tabelle 4.1-27: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Kathodenstrahl-Bildschirme | 145 |
| Tabelle 4.1-28: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: LCD-Bildschirme..... | 146 |
| Tabelle 4.1-29: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Tintenstrahldrucker | 147 |
| Tabelle 4.1-30: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Laserdrucker..... | 148 |
| Tabelle 4.1-31: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Nadeldrucker | 148 |
| Tabelle 4.1-32: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Scanner..... | 150 |
| Tabelle 4.1-33: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Fotokopierer..... | 151 |
| Tabelle 4.1-34: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Aktivboxen (PC)..... | 151 |
| Tabelle 4.1-35: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Beamer..... | 152 |
| Tabelle 4.2-1: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Satellitenempfänger | 153 |
| Tabelle 4.2-2: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: LNB..... | 154 |
| Tabelle 4.2-3: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Antennenverstärker | 154 |
| Tabelle 4.2-4: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Set- top-Box..... | 155 |
| Tabelle 4.2-5: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Modem..... | 159 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tabelle 4.2-6: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: DSL-Splitter..... | 159 |
| Tabelle 4.2-7: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: DSL-Modem..... | 160 |
| Tabelle 4.2-8: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: CATV-Modem..... | 160 |
| Tabelle 4.2-9: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Satelliten-Modem..... | 161 |
| Tabelle 4.2-10: | Leistungsaufnahme und Nutzungszeiten von PLC- Adapttern..... | 161 |
| Tabelle 4.2-11: | Leistungsaufnahme und Nutzungszeiten von PLC- Hauskopplern..... | 161 |
| Tabelle 4.2-12: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Router..... | 162 |
| Tabelle 4.2-13: | Gewählte Leistungsaufnahme (pro Port) und Nutzungszeit: Hubs und Switches | 163 |
| Tabelle 4.2-14: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: ISDN-Box | 164 |
| Tabelle 4.2-15: | Gewählte Leistungsaufnahme pro Teilnehmer und Nutzungszeit: Nebenstellenanlagen..... | 164 |
| Tabelle 4.2-16: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Türsprechanlagen..... | 165 |
| Tabelle 4.2-17: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Server < 25 k€..... | 168 |
| Tabelle 4.2-18: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Server 25 k€100 k€..... | 168 |
| Tabelle 4.2-19: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Server > 100 k€..... | 168 |
| Tabelle 4.2-20: | Gewählter Wirkungsgrad und Nutzungszeit: USV..... | 169 |
| Tabelle 4.2-21: | Leistungsaufnahme für die Hausvernetzung..... | 173 |
| Tabelle 4.3-1: | Entwicklung der spezifischen Leistungsaufnahme pro Telefonkanal seit 1997..... | 174 |
| Tabelle 4.3-2: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Festnetz-Infrastruktur..... | 175 |

| | | |
|----------------|---|-----|
| Tabelle 4.3-3: | Maximale Leistungsaufnahme von Basisstationen des Mobilfunkausrüsters Siemens..... | 176 |
| Tabelle 4.3-4: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: GSM-Infrastruktur | 178 |
| Tabelle 4.3-5: | Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: UMTS-Infrastruktur..... | 178 |
| Tabelle 4.4-1: | Literaturdaten zum Strombedarf von Netzwerkcomputern und Netzwerken..... | 180 |
| Tabelle 4.4-2: | Literaturwerte für den flächenbezogenen und den absoluten Energiebedarf von Data Centres..... | 181 |
| Tabelle 4.4-3: | Elektrizitätsbedarf von Data Centres in Prozent des Landesbedarfs und in kWh/Einwohner..... | 182 |
| Tabelle 4.4-4: | Aufteilung des Strombedarfs auf die IuK-Geräte und auf verschiedene Energiedienstleistungen, die für den Betrieb des Data Centres notwendig sind | 185 |
| Tabelle 4.4-5: | Verhältnis des Strombedarfs der Infrastruktur zum Gesamtjahres-Strombedarf für ein optimiertes, ein herkömmliches und ein ineffizientes Data Centre..... | 186 |
| Tabelle 4.4-6: | Elektrizitätsbedarf von Data Centres in Prozent des Landesbedarfs | 189 |
| Tabelle 4.5-1: | Entwicklung des gesamten Strombedarfs für IuK- Technologien in Haushalten und Büros in Deutschland zwischen 2001 und 2010..... | 190 |
| Tabelle 4.5-2: | Übersicht über die Entwicklung des Strombedarfs für IuK-Geräte und zugehörige Infrastruktur in Haushalten und Büros in Deutschland zwischen 2001 und 2010..... | 191 |
| Tabelle 4.5-3 | Energiebedarf der IuK-Endgeräte in Haushalten in Deutschland 2001, 2005 und 2010..... | 198 |
| Tabelle 4.5-4 | Energiebedarf der IuK-Endgeräte in Büros in Deutschland 2001, 2005 und 2010..... | 200 |
| Tabelle 4.5-5 | Energiebedarf der Haushalts-Infrastruktur in Deutschland 2001, 2005 und 2010..... | 201 |
| Tabelle 4.5-6 | Energiebedarf der Büro-Infrastruktur in Deutschland 2001, 2005 u. 2010..... | 202 |

| | | |
|----------------|---|-----|
| Tabelle 4.5-7 | Energiebedarf der Infrastruktur der Telekommunikations- unternehmen in Deutschland 2001, 2005 und 2010..... | 202 |
| Tabelle 4.6-1: | Kostenvergleich für eine Steckerleiste (mit einem Gerät pro Leiste) | 205 |
| Tabelle 4.6-2: | Einsparpotenzial bei IuK-Technologien im Schein-Aus-Zustand, Werte in GWh..... | 206 |
| Tabelle 4.6-3: | Einsparpotenziale durch Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb bei IuK-Geräten in Haushalten (GWh pro Jahr)..... | 209 |
| Tabelle 4.6-4: | Einsparpotenziale durch Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb bei IuK-Geräten in Büros (GWh pro Jahr)..... | 209 |
| Tabelle 4.6-5: | Geschätzte Einsparpotenziale durch Schalten von Servern..... | 212 |
| Tabelle 4.6-6: | Einsparpotenzial bei Personal Computern im Normalbetrieb (Werte in GWh) | 214 |
| Tabelle 4.7-1: | Direkte und indirekte Auswirkungen der erwarteten Zunahme der Telearbeit auf den Energiebedarf nach Sektoren..... | 223 |
| Tabelle 4.7-2: | Potenzielle Auswirkungen von E-Commerce auf den Energieverbrauch..... | 228 |
| Tabelle 5.3-1: | Cross-Impact-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf von IuK-Endgeräten in Haushalten..... | 243 |
| Tabelle 5.3-2: | Cross-Impact-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf von IuK-Endgeräten in Büros | 244 |
| Tabelle 5.3-3: | Cross-Impact-Matrix zur Identifizierung und Bewertung wesentlicher Einflussfaktoren auf den zukünftigen Energiebedarf durch die IuK-Infrastruktur | 244 |
| Tabelle 6.1-2 | Mögliche Ziele der Energiepolitik zur Beeinflussung des Energieverbrauchs im IuK-Bereich und Zieleffektivität energiepolitischer Maßnahmen..... | 250 |

1 Allgemeine Beschreibung des Forschungsvorhabens

1.1 Problemstellung

Der Energiebedarf für Information und Kommunikation (IuK) wird für 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. In den IEA-Mitgliedsstaaten weist der Energieverbrauch für elektrische Geräte in Haushalten und Büros das zweithöchste Wachstum nach dem privaten Transport auf (IEA 2000). Für Deutschland gehen vorliegende Verbrauchsschätzungen ebenfalls von einem Anstieg des durch Geräte für Information und Kommunikation bedingten Stromverbrauchs aus (Prognos/EWI 1999; Ziesing et al. 1999; FfE 2000; Böde et al. 2000a). Speziell im IuK-Bereich ist die zukünftige Entwicklung des Strombedarfs allerdings nur schwer abzuschätzen, da sich die Technologien und Anwendungen noch stark wandeln und erweitern werden. So sind einerseits höhere Stromverbräuche durch die Vernetzung von Geräten und Anlagen zu erwarten (Aebischer/Huser 2000), andererseits könnte durch professionelles Fernüberwachen von haustechnischen Anlagen in vielleicht vergleichbarem Umfang Strom und Brennstoffe eingespart werden, wenn die Geräte richtig eingestellt und sachgerecht betrieben würden. 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 Entwicklung in der Vergangenheit unbefriedigend ist. Dies gilt sowohl für Deutschland als auch für die meisten anderen europäischen und außereuropäischen Länder (Diekmann et al. 2000).

Der schnelle technologische Wandel im Bereich Information und Kommunikation bewirkte bisher auch, dass eine effiziente Stromnutzung nur in Sonderfällen wie bei mobilen Anwendungen ein Kriterium bei der Entwicklung und beim Verkauf neuer Geräte war. Wenn ausreichend Energie über Netzanschluss zur Verfügung stand, wurden allenfalls nachgeschaltete Verfahren zur Minderung des Stromverbrauchs eingesetzt, die vor allem darauf abzielten, den Stand-by-Verbrauch zu senken. Das Hauptkriterium war bisher die Verbesserung anderer technischer Eigenschaften wie z. B. die Steigerung der Rechenleistung von Computern oder Verminderung des Platzbedarfs. Die kontinuierliche Erhöhung der rechnerischen Leistungsdichte auf den Computerchips ließ die energetische Leistungsdichte ebenso ansteigen, so dass die Wärmeabfuhr von den großen Rechenprozessoren und den Data Centers zu einer größeren technischen Herausforderung wird.

Die Leistungsfähigkeit von Computern und vielen Peripheriegeräten (z. B. Druckern, Scannern, Faxgeräten) ist inzwischen so groß, dass eine weitere Steigerung der primären Leistungsmerkmale nur noch bedingt als Differenzierungskriterium taugt. Daher ist zu erwarten, dass bei diesen Geräten in Zukunft auch sekundäre Geräteeigenschaften wie der spezifische Strombedarf zum Bewertungskriterium werden und damit in der Entwicklung von vornherein mehr berücksichtigt werden dürfte. Technische Restriktionen wie die Wärmeabfuhr tragen ebenso dazu bei, den Strombedarf zu reduzieren. Bei Kommunikationsanwendungen hingegen sind noch deutliche Steigerungen der primären Leistungsmerkmale zu erwarten, z. B. durch die Einführung des UMTS-Standards, der eine höhere Datenübertragungsrate ermöglichen wird. Der Wettbewerb und die Anforderung einer 100 %-Abdeckung des Landes wird weiterhin zu einem erheblichen Ausbau der Sender-/Empfänger-Antennen für die mobile Kommunikation führen.

Generell besteht noch große Unsicherheit über die Art und den Stromverbrauch der zukünftig eingesetzten Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik. Einerseits ist ein Trend zur Integration verschiedener eingeführter Dienstleistungen in einem Gerät zu beobachten wie z. B. MP3-Player in Mobiltelefonen oder DVD-Spieler in PCs oder die Funktion von Fax, Telefon, Drucker und Scanner in einem Gerät. Andererseits wächst die Anzahl der Dienstleistungen, die über eigene Hardware abgewickelt werden, in diesem Bereich immer noch stark an. Beispiele hierfür sind Komponenten der Home-Automation (einschließlich der kommunikativen Vernetzung der traditionellen Elektrogeräte und der Haustechnik) oder Endgeräte für Powerline-Communication.

Der rasante Bestandsanstieg, der bei verschiedenen Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik wiederholt zu beobachten war, ist auch bei neuen Technologien hoch wahrscheinlich. Die Tendenz, Internetdienstleistungen nach Datenmenge und nicht mehr nach Nutzungszeit abzurechnen, kann erhebliche Auswirkungen auf die Laufzeiten von Endgeräten in privaten Haushalten und kleinen und mittleren Unternehmen haben.

Seit einiger Zeit wird der Stromverbrauch von Elektrogeräten in Haushalten und Büros, insbesondere der durch Leerlaufverluste bedingte Verbrauch, 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 Hubert/Mills 1999; Kawamoto et al. 2001; Mitchell-Jackson 2001; Roth et al. 2002). Auf politischer Ebene gibt es sowohl seitens der IEA als auch der Europäischen Kommission eine Reihe von Initiativen, die sich mit diesem Thema befassen, ebenso weitere Workshops auf internationaler Ebene (vgl. z. B. zum Dialog zwischen Deutschland und Japan Langrock et al. 2001). Auf der Seite der Umsetzung gibt es beispielsweise in Deutschland zahlreiche Hilfen zum Kauf energiesparender elektrischer und elektronischer Geräte (wie das GEEA-Label, in Deutschland vergeben durch die Gemeinschaft Energielabel Deutschland,

die Datenbank Label-Online der Verbraucherinitiative sowie eine neu erstellte Datenbank der Berliner Energie-Agentur in Zusammenarbeit mit der Deutschen Energie-Agentur¹). Zu nennen sind auch Initiativen zur Reduzierung von Leerlaufverlusten bei Haushalts- und Bürogeräten wie die mit Unterstützung des Bundesumweltministerium durchgeführte Stand-by-Kampagne im Jahr 1999 (Brohmann et al. 2000), die „Aus - wirklich aus?“-Kampagne der Energiestiftung Schleswig-Holstein² und die im Herbst 2002 gestartete „Initiative EnergieEffizienz“ der Verbände der Elektrizitätswirtschaft (VDEW, VRE, VKU) und der Deutschen Energie-Agentur (dena)³. Hinzu kommen Aufklärungsprogramme für stromsparendes Nutzerverhalten in Büros (Energieagentur NRW 1999; Böde et al. 2000b).

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 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 Stromeinsparpotenzialen 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).

1.2 Zielsetzung

Vor dem oben skizzierten 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,

1 www.energielabel.de; www.label-online.de; www.energiesparende-geraete.de

2 www.wirklich-aus.de

3 www.initiative-energieeffizienz.de

- 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.

Dabei werden sowohl bereits vorliegende Ergebnisse für Deutschland genutzt als auch schon vorliegende Erfahrungen aus anderen Ländern wie den USA, Japan oder der Schweiz berücksichtigt.

1.3 Methodisches Vorgehen

Als Ausgangspunkt wurde für die Untersuchung eine detaillierte Liste mit allen wesentlichen Geräten aus den Bereichen Unterhaltungselektronik, Kommunikation, Datenverarbeitung und Haustechnik entwickelt (vgl. Kapitel 2, Tabelle 2-1). Differenziert wird nach Endgeräten und der zugehörigen Infrastruktur sowie nach der privaten Nutzung in Haushalten und der geschäftlichen Nutzung in Büros (sowohl in der Industrie als auch im GHD-Sektor). Auch der Einfluss einer zunehmenden Vernetzung von Geräten in privaten Haushalten und Büros wird dabei berücksichtigt.

Der derzeitige und zukünftige direkte Strombedarf dieser Geräte und der zugehörigen Infrastruktur wird im Wesentlichen durch folgende Komponenten beeinflusst:

- (1) **Bestand** zum heutigen Zeitpunkt sowie erwartete Bestandsentwicklung unter Einschluss neu auf den Markt kommender Geräte bzw. veränderter Nutzungen bis zum Jahr 2010.
- (2) **Stromverbrauch der Geräte** in den verschiedenen Betriebszuständen sowie Energieverbrauch der Anlagen der unterstützenden Infrastruktur. In Anlehnung an Böde et al. (2000a) werden dabei die folgenden vier Betriebszustände unterschieden (Abbildung 1.3-1)⁴.
 - **Normalbetrieb:** Das Gerät erfüllt seine Hauptfunktion. Es fällt der gesamte Energieverbrauch des Gerätes an.
 - **Bereitschaftsbetrieb:** Das Gerät erfüllt noch wenigstens eine Funktion, jedoch nicht seine Hauptfunktion. Das Gerät wartet auf eine Aufgabe. Innerhalb des Bereitschaftsbetriebs kann, je nach Verminderung des Energie-

⁴ 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.

verbrauchs durch die Funktionseinschränkung, weiter zwischen den folgenden drei Modi unterschieden werden:

- Ready-Mode: Energieverbrauch kaum vermindert.
- Stand-by-Mode: Energieverbrauch vermindert.
- Sleep-Mode: Energieverbrauch stark vermindert.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und wegen der unsicheren Datenlage werden diese drei Modi in dieser Untersuchung unter dem Begriff „Bereitschaftsbetrieb“ zusammengefasst.

- **Schein-Aus-Betrieb**, häufig auch als Off-Mode bezeichnet: Das Gerät erfüllt keine Funktion, ein Ausschalter wurde betätigt und das Gerät scheint ausgeschaltet. Es verbraucht aber trotzdem noch Energie.

Dieser Betriebszustand tritt immer häufiger auf, da sich immer mehr Geräte nur augenscheinlich durch einen Schalter ausschalten lassen, aber weiterhin Energie verbrauchen, wenn sie nicht durch Steckerziehen, das Schalten einer Steckerleiste oder durch ein Zusatzgerät wirklich vom Netz getrennt werden. Schein-Aus-Verbräuche treten immer dann auf, wenn sich der sogenannte „Aus-Schalter“ auf der Niederspannungsseite befindet und nicht alle Komponenten, hauptsächlich die Transformatoren, wirklich vom Netz trennt.

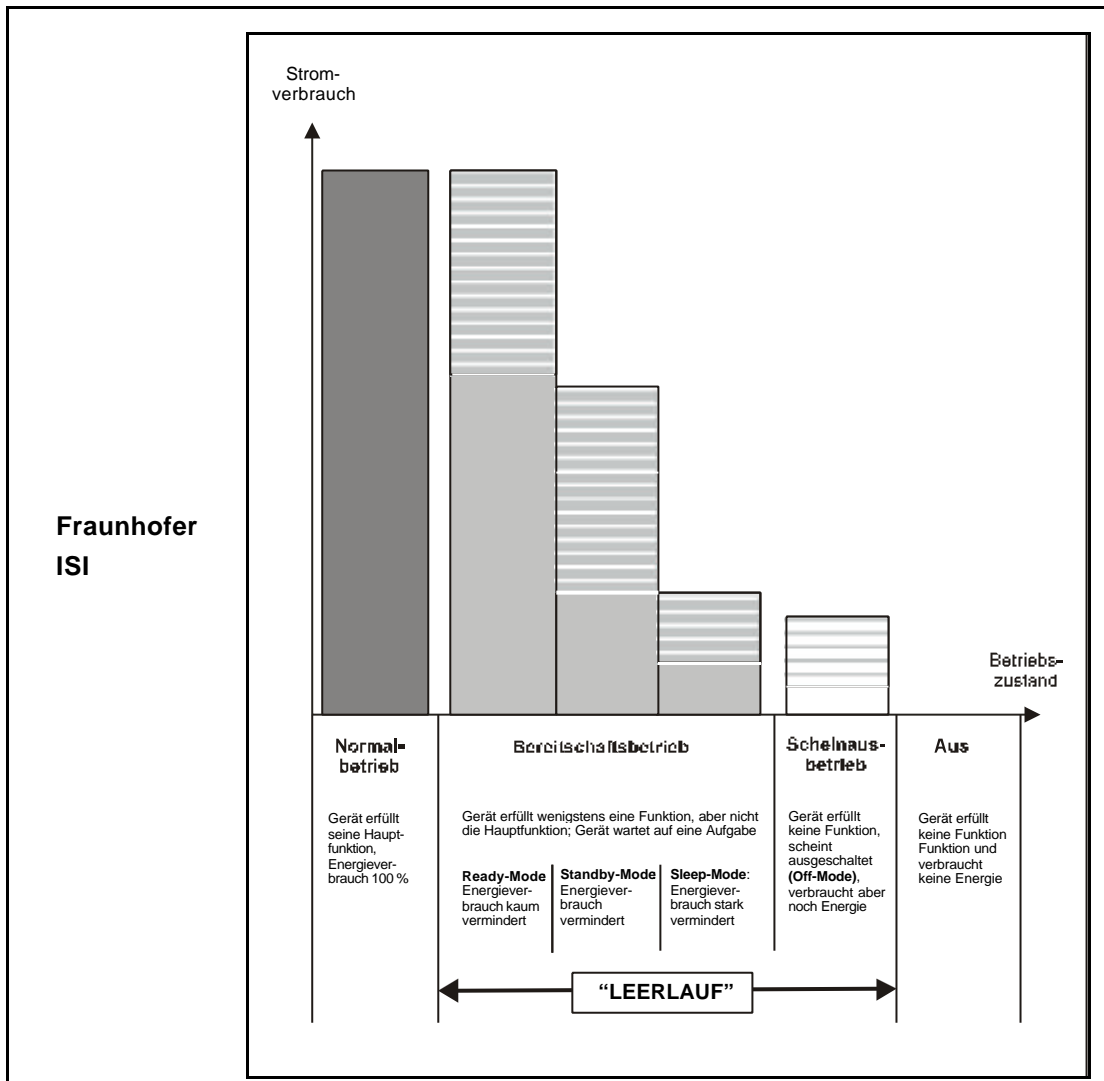
Der Bereitschaftsbetrieb und der Schein-Aus-Betrieb können dann unter dem Begriff „Leerlauf“ zusammengefasst werden. Unter „Leerlaufverlust“ fällt der gesamte Energieverbrauch eines Geräts, der nicht durch die Ausübung der Hauptfunktion verursacht wird. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird dieser Betrieb häufig auch als Stand-by bezeichnet (ebök/UBA, IEA)⁵.

- **Aus:** Als „aus“ wird nur der Betriebszustand angesehen, in dem wirklich keine Energie mehr vom Gerät verbraucht wird.

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

⁵ Der Begriff Stand-by ist aber nach der hier vorgenommenen Definition durch den Bereitschaftsmodus mit vermindertem Energieverbrauch belegt. Im Folgenden wird Leerlauf deshalb nicht mit Stand-by gleichgesetzt. Der synonyme Gebrauch wäre nur dann möglich, wenn für den Bereitschaftsmodus „Stand-by“ einheitlich ein neuer Begriff eingeführt würde. Generell erscheint eine getrennte Betrachtung des Schein-Aus-Zustands auf Grund der zunehmenden Bedeutung als sinnvoll, zumal er bei vielen Geräten mit relativ einfachen Mitteln wie das Schalten einer Steckerleiste ohne größere Kosten und Komforteinbußen vermieden werden kann.

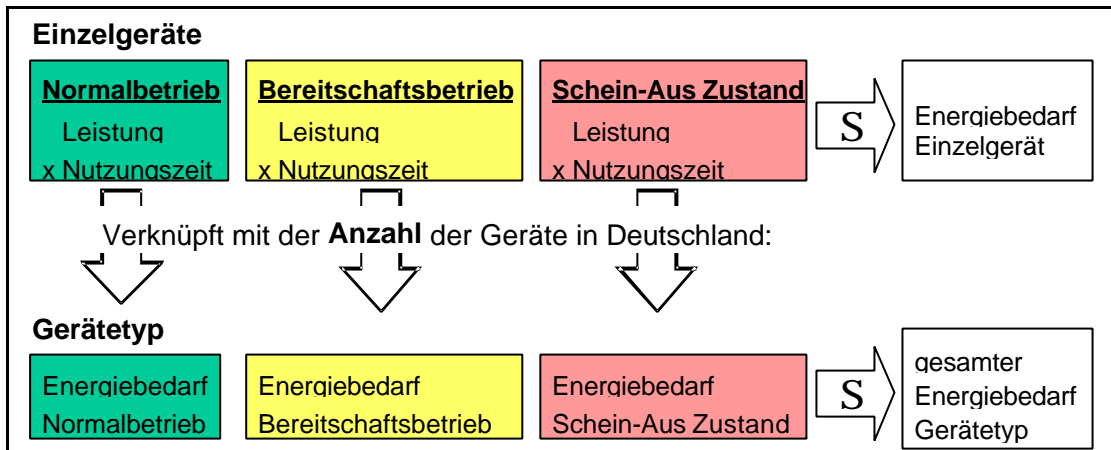
Abbildung 1.3-1: In dieser Studie verwendete Definition der Betriebszustände bei IuK-Geräten



| | | | | | |
|----------------------------------|--|----------------|---|----------------------------------|--------------------------|
| Rath et al. 1997, 1999 | | Normalbetrieb | Leerlauf = Stand-by = Betriebsbereitschaft | | Aus |
| Wortmann et al. 2001, 2002 | | On | Stand-by | | |
| | | | Gerät in Bereitschaft | Gerät nicht richtig ausschaltbar | |
| IEA 1999 Bertoldi et al. 2002 | | On | Stand-by | | Disconnected |
| | | | Gerät erfüllt nicht die Hauptfunktion | switched off | |
| EU 1999 | | Einschaltmodus | Stand-by-Modus (Gerät in Bereitschaft, Hauptfunktion deaktiviert) | | Ausschaltmodus |
| Rosen/Meier 2001 | | active | Idle (unit is on, but not active) | | stand-by disconnected |
| Roth et al. 2002 | | active | Stand-by=device ready | suspend | off unplugged |
| GED 2000 | | Normalbetrieb | Stand-by-Betrieb = Wartezustand | Sleep-Mode | Aus |

Abbildung 1.3-2 zeigt das zur Ermittlung des jährlichen Energieverbrauchs im IuK-Bereich zu Grunde gelegte Berechnungsmodell.

Abbildung 1.3-2: Modell zur Ermittlung des Strombedarfs von IuK-Geräten und der zugehörigen Infrastruktur



Für die Ermittlung der einzelnen Komponenten dieses 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. Dabei kann in großem Umfang auch auf eigene Forschungsarbeiten der beteiligten Institute zurückgegriffen werden. Neben nationalen werden dabei auch aus anderen Ländern (beispielsweise der USA, Japan oder der Schweiz) vorliegende Datenquellen berücksichtigt.
- 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 Datenlage 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.

Für die Verarbeitung und Kopplung der ermittelten Daten für IuK-Geräte und die unterstützende Infrastruktur werden Verfahren zur numerischen Simulation der Marktentwicklung für IuK-Endgeräte benutzt. Marktprozesse sind komplexe Abläufe mit einer Vielzahl voneinander abhängiger Einflussgrößen, bei denen ein intuitives Erschließen zukünftiger Entwicklungen schwierig ist. Um belastbare quantitative Aussagen über die zukünftige Marktentwicklung abgeben zu können, sollen deshalb die wichtigsten Entwicklungen formalisiert und in einem Computermodell abgebildet werden. Dadurch werden alle Annahmen explizit und die Auswirkungen von Veränderungen transparent gemacht. Die Resultate sind somit besser kritisierbar. Ferner können durch die Formalisierung unscharfe aber miteinander zusammenhängende Zahlenangaben in ein konsistentes Modell abgestimmt werden.

Neben den im oben beschriebenen Modell enthaltenen Komponenten sind auch weitergehende Auswirkungen von IuK-Anwendungen auf den Energieverbrauch zur berücksichtigen. Dies schließt sowohl eventuelle Energiemehr- oder Minderverbräuche bei den IuK-Geräten selbst als auch in anderen Verbrauchsbereichen (Raumwärme, Verkehr) ein. Die Analyse dieser weitergehenden Auswirkungen erfolgt teils auf quantitativem und teils auf qualitativem Niveau beispielhaft für folgende Bereiche:

- Substitution von IuK-Anwendungen,
- Hausvernetzung,
- E-Commerce,
- Telearbeit.

1.4 Untersuchungsgang

In *Kapitel 2* des Berichts wird die oben bereits erwähnte Liste der in dieser Untersuchung behandelten Informations- und Kommunikationsgeräte und der zugehörigen Infrastruktur dargestellt und erläutert.

Kapitel 3 befasst sich mit dem Bestand der Geräte und der Infrastruktur. Es enthält sowohl Bestandszahlen für den Jetzt-Zeitpunkt einschließlich einer detaillierten Beschreibung der Datenlage und -quellen sowie eine Abschätzung der Bestandentwicklung bis zum Jahr 2010. Der Aufbau dieses Kapitels orientiert sich an der in Kapitel 2 vorgestellten Gliederung des IuK-Sektors. Einige methodische Grundlagen für die Bestandsschätzungen sind in *Anhang 1* dargestellt.

In *Kapitel 4* werden Energieverbrauch und Nutzungszeiten der einzelnen Geräte und der zugehörigen Infrastruktur untersucht. In *Anhang 2* werden die darauf und auf den Bestandszahlen basierenden Ergebnisse des Modells zur Ermittlung des

Energieverbrauchs im IuK-Bereich tabellarisch in ausführlicher Form dargestellt. Ergebnisse auf Einzelgeräteebene sowie die zu Grunde liegenden Messergebnisse und Literaturwerte sind *Anhang 3* zu entnehmen. Im Anschluss daran wird die für den Zeitraum 2001 bis 2010 erwartete Entwicklung des Energiebedarfs von IuK-Technologien analysiert sowie für einzelne IuK-Technologien bestehende zusätzliche Energieeinsparoptionen und –potenziale dargestellt. Abschließend werden mögliche indirekte Auswirkungen von IuK-Anwendungen auf andere Verbrauchsbereiche wie den Verkehrssektor oder die Raumwärme untersucht.

In *Kapitel 5* wird auf der Grundlage der in den Kapiteln 3 und 4 erarbeiteten Ergebnisse ein „Frühwarnsystem“ für solche Geräte und Nutzungen aus dem IuK-Bereich entwickelt, das besondere Risiken im Hinblick auf einen Anstieg des Stromverbrauchs oder indirekt des Energieverbrauchs birgt oder auch solche mit nennenswerten Chancen zur Energieeffizienz.

Im *Kapitel 6* werden zunächst grundsätzlich mögliche Instrumente und Maßnahmen der Energiepolitik zur Beeinflussung des Energieverbrauchs im IuK-Bereich diskutiert. Im Anschluss daran erfolgt ein Überblick über schon eingesetzte, geplante und vorgeschlagene Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz von IuK-Geräten in Deutschland, auf EU-Ebene sowie in ausgewählten anderen Ländern.

Im abschließenden *Kapitel 7* werden einige grundlegende Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen dieser Untersuchung gezogen sowie Maßnahmenempfehlungen für die Energiepolitik auf nationaler und EU-Ebene abgeleitet.

Bei der Bearbeitung des Forschungsvorhabens gab es folgende Arbeitsschwerpunkte der beteiligten Projektpartner:

- Die Projektleitung und –koordination lag bei der Abteilung „Energietechnik und Energiepolitik“ des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI). Die inhaltlichen Arbeitsschwerpunkte der Energieabteilung des Fraunhofer ISI lagen bei der Ermittlung der mit den IuK-Technologien verbundenen Energieverbräuche in den verschiedenen Betriebszuständen und der Abschätzung von Einsparpotenzialen und –optionen. Die Konzeption des Frühwarnsystems sowie die Ableitung energiepolitischer Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen waren weitere Schwerpunkte.
- Der Arbeitsschwerpunkt der Abteilung „Informations- und Kommunikationssystem“ des Fraunhofer ISI war die Ermittlung der gegenwärtigen und in Zukunft zu erwartenden Marktentwicklung für Geräte und Nutzungen im IuK-Bereich und der dabei auftretenden Substitutionseffekte. Ein weiterer Schwerpunkt waren die zukünftigen Erwartungen hinsichtlich Telearbeit und E-Commerce in Deutschland.

- Die Analysen und Ergebnisse zum Bestand und Energieverbrauch des Mobilfunks in Deutschland wurden im Wesentlichen im Rahmen einer Diplomarbeit an der Fachhochschule Karlsruhe erarbeitet (Rieth-Hoerst 2002).
- Das Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) bearbeitete in enger Kooperation und unter Beteiligung der beiden Abteilungen des Fraunhofer ISI drei spezielle Fragestellungen, für die das CEPE bereits über umfangreiche Forschungserfahrung verfügt: die digitale Unterhaltungselektronik, insbesondere Fernseher, die Vernetzung der Haushalts-Großgeräte sowie die sogenannten "Data Centres" als Beispiel für die Infrastruktur des Internet.

2 Auswahl, Definition und Abgrenzung der in der Untersuchung berücksichtigten Geräte und zugehöriger Infrastruktur

2.1 Übersicht

Als Ausgangspunkt für die Untersuchung wurde zunächst eine detaillierte Liste mit allen wesentlichen Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik entwickelt, die für Deutschland im Hinblick auf ihren derzeitigen Bestand und Energiebedarf sowie die erwartete Entwicklung bis 2010 untersucht werden sollen (vgl. Tabelle 2.1-1). Differenziert wird in dieser Liste nach den Hauptfunktionen Unterhaltung, Kommunikation, Datenverarbeitung und Haustechnik sowie den Nutzungsbereichen private Haushalte und Büros. Grundlage für die Geräteliste bildete die von Böde et al. (2000a) für den Haushaltssektor getroffenen Geräteauswahl, die in folgender Hinsicht ergänzt wurde:

- Stärkere Berücksichtigung von *Funktionen* und Bildung von an den Funktionen orientierten Gruppen, in denen eine Reihe von Geräten zusammengefasst wurde, wie
 - im Unterhaltungsbereich stationäres und mobiles Hören (Gruppen „stationäre Audio-Geräte“, „tragbare Audio-Geräte“), Life- und zeitversetztes Sehen (Gruppen „Fernseher“ und „Videorekorder“) oder Fotografieren (Gruppe „Kameras“);
 - im Kommunikationsbereich stationäres und mobiles Telefonieren (Gruppen „Festnetz-Telefon“ und „Mobiles Telefon“);
 - im Bereich Datenverarbeitung die eigentliche Rechnernutzung (Gruppe „Rechner“), die bildliche Wiedergabe der Rechnernutzung (Gruppe „Monitor“) sowie die Wiedergabe auf Papier (Gruppe „Drucker“);
 - im Bereich „Haustechnik“ die Nutzung elektrischer Geräte (Gruppe „Haushaltsgeräte“), das Heizen einschließlich der Bereitung von Warmwasser (Gruppe „Heizung/Warmwasser“) sowie die Erhöhung der Sicherheit (Gruppe „Sicherheitstechnik“).
- Berücksichtigung des Bürobereichs, d. h. der geschäftlichen Nutzung der Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in *Büros*, wobei der Schwerpunkt der Analyse dabei in den Bereichen Kommunikation und Datenverarbeitung liegen wird.
- Explizite Trennung von *Endgeräten* und der zugehörigen *Infrastruktur*, wobei letztere nochmals nach gebäudeinterner Infrastruktur und Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen differenziert wird. Auch hier wurden, soweit möglich und sinnvoll, an den Funktionen orientierte Gruppen gebildet, wie die Trennung von Internet-Nutzung und Telefonieren im Bereich Kommunikation.

Tabelle 2.1-1: 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 Stereoplanlage 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 | | | | | |
| | 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 Telefonanlage Nebenstellen Anlage Sonstige Türsprechanlage | Festnetzanbieter Leistungsbedarf pro Kanal Leistungsbedarf pro DSL-Linie Mobilfunkanbieter Mobilfunk-Basisstationen GSM Mobilfunk Vermittlungsstelle GSM Mobilfunk-Basisstationen UMTS Mobilfunk Vermittlungsstelle UMTS |
| | | Telefonie (mobil) GSM UMTS | Telefonie (Festnetz) Schnurloses Telefon Komforttelefon Anrufbeantworter Faxgerät | | | |
| | | | Telefonie (mobil) GSM UMTS | Telefonanlage ISDN-Box Sonstige Türsprechanlage | | |

¹ Steckernetzteile werden bei den zugehörigen Geräten bilanziert

.../Fortsetzung Tabelle 2.1-1

| 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 | | | | | |

- Ein besonderes Augenmerk gilt außerdem dem Einsatz von Vernetzungstechnologien. Diese wurden in Tabelle 2.1-1 formal bei der gebäudeinternen Infrastruktur im Bereich Kommunikation eingruppiert.

Vergleicht man diese Liste mit den in der Energiebilanz für Deutschland erfassten Energieverbräuchen (AGEB 2001), so decken die berücksichtigten Geräte den Stromverbrauch der privaten Haushalte relativ vollständig ab. Allerdings geht der gesamte Bereich der Haustechnik über den eigentlichen Untersuchungsgegenstand dieser Studie, nämlich die modernen Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik, hinaus. Die Geräte der Haustechnik wurden nur einbezogen, um die möglichen Auswirkungen einer zunehmenden Vernetzung von Häusern auf den Energieverbrauch zu erfassen, und nicht im Hinblick auf eine eigenständige und detaillierte Analyse dieser Verbrauchsbereiche. Die Daten zum gegenwärtigen und zukünftigen Bestand und Energieverbrauch dieser Geräte werden daher im Wesentlichen aus bereits vorliegenden Studien übernommen (insbesondere Prognos/EWI 1999; Böde et al. 2000a; Wuppertal Institut/ebök 2000). Die geschäftliche Nutzung der aufgelisteten Geräte in den Büros umfasst energiebilanzbezogen sowohl Teile des Stromverbrauchs im GHD-Sektor als auch in der Industrie.

Der Schwerpunkt dieser Untersuchung liegt somit beim Einsatz des Energieträgers Strom in den Verbrauchssektoren private Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie – relativ begrenzt – Industrie. Weitere Energieträger (insbesondere Öl und Gas) und Verbrauchssektoren werden in dieser Untersuchung in zweierlei Hinsicht tangiert:

- zum einen durch die Untersuchung der möglichen Auswirkungen einer zunehmenden Vernetzung von Häusern auf den Energieverbrauch von Heizungsanlagen und Anlagen der Warmwasserbereitung (vgl. Tabelle 2.1-1);
- zum anderen durch mögliche Auswirkungen von IuK-Anwendungen auf andere Verbrauchsbereiche wie den Verkehr bei einer Verbreitung von E-Commerce oder Telearbeit.

Grundsätzlich enthält die in Tabelle 2.1-1 dargestellte Geräteliste nur solche Informations- und Kommunikationsgeräte, die schon heute zum Einsatz kommen oder deren Einsatz in naher Zukunft mit großer Sicherheit zu erwarten ist (wie die UMTS-Endgeräte mit zugehöriger Infrastruktur). Nur diese Geräte werden in dieser Untersuchung auch quantitativ betrachtet. Hinweise auf solche Entwicklungen im Informations- und Kommunikationsbereich, die in Zukunft möglicherweise relevant werden könnten, werden an einigen Stellen der Untersuchung gegeben, jedoch lediglich auf qualitativem Niveau.

2.2 Beschreibung der Geräte und der Infrastruktur

2.2.1 Endgeräte

Unterhaltung (Audio, Video)

Als *Kompaktanlage* werden Audiogeräte bezeichnet, die Verstärker, Radio und weitere Funktionen wie Kassettenrekorder, CD-Spieler in einem Gehäuse vereinigen.

Eine *Stereoanlage aus Einzelkomponenten* besteht aus einem Verstärker bzw. Receiver (mit integriertem Radioteil), an den ein oder mehrere weitere Geräte angeschlossen sein können, die keinen eigenen Lautsprecherauszug haben, wie

- Kassettendeck, auch als Tape-Deck bezeichnet.
- CD-Spieler.
- Minidisc-Spieler werden sowohl als tragbare Geräte als auch als Hi-Fi-Einzelstandgeräte oder in Kompaktanlagen integriert angeboten. Die Minidisc wurde als wiederbeschreibbarer Tonträger entwickelt. Die Medien ähneln herkömmlichen Computerdisketten im 3,5-Format, haben jedoch einen etwas geringeren Durchmesser. Aufgrund einer anderen Speichertechnologie ist die Speicherkapazität jedoch bedeutend höher als die 1,44 Megabyte der Computerdisketten. Bei einer Marktbegehung konnten im Vergleich zu anderen Geräten wie Kassettenrekordern oder CD-Spielern jedoch nur wenige Geräte im Angebot gefunden werden. Nach Aussagen des Verkaufsleiters konnten Minidiscs und die dazu gehörenden Spieler herkömmliche Audiokassetten nicht vom Markt verdrängen, sondern nur eine Nische im Bereich teurer Geräte besetzen.
- Audio-DVD-Spieler: die DVD (Digital Versatile Disc) ist eine Speicherplatte mit im Vergleich zur herkömmlichen CD-ROM wesentlich erhöhter Speicherkapazität (bis zu 17 Gigabyte), die auch als Tonträger eingesetzt wird; zum Lesen sind spezielle, kurzweilige Laserabtastsysteme nötig.

Diese Geräte werden zwar im Hinblick auf ihre Leistungsaufnahme separat analysiert. Für die Gesamtbilanzierung des Energieverbrauchs einer aus Einzelkomponenten zusammengesetzten Stereoanlage wird jedoch angenommen, dass an einen Verstärker oder Receiver zwei weitere der oben genannten Geräte angeschlossen sind.

Zu den *Radioweckern* zählen neben den einfachen Geräten, die lediglich die Funktionen der Zeitanzeige und des Radiobetriebs erfüllen, auch Geräte mit eingebautem CD-Player oder Kassettenteil.

Die wichtigste Gerätegruppe innerhalb der tragbaren Audio-Geräte stellen die *Radiorekorder* dar. Von diesen Geräten existiert eine große Vielfalt auf dem Markt. Sie reichen von relativ kleinen „Küchenradios“ bis hin zu großen Multifunktionsgeräten wie z. B. „Ghettoblaster“. In der Regel können diese Geräte auch mit Batterien betrieben werden. Weitere tragbare Kleingeräte wie Gameboy, Walkman, Discman oder MP3-Player werden in dieser Untersuchung nicht weiter berücksichtigt, da sie vorwiegend batteriebetrieben genutzt werden.

Die *Fernseher* werden bezüglich der Bildschirmtechnologie und der Bildschirmgröße im Markt weiter unterteilt in

- Fernseher mit Kathodenstrahlröhre (Bildschirmgrößen (Diagonale): < 57 cm; 57–72 cm; > 72 cm; Bildfrequenzen: 50 Hz bzw. 100 Hz) ⁶,
- Fernseher mit LCD-Bildschirm,
- Fernseher mit Plasmabildschirm⁷,
- Rückprojektionsfernseher⁸,
- TV-Projektor (Beamer für Daten und Video).

Bei den *Videorekordern* wird unterschieden zwischen den *konventionellen Videorekordern* und *Video-DVD-Spielern*, bei denen die DVD (Digital Versatile Disc) als Bildträger zum Einsatz kommt.

Bei den Kameras werden neben *Videokameras* (Camcorder) auch *DigitalFotokameras* untersucht.

Als *Video-Spielkonsole* werden Geräte bezeichnet, die zum Betrieb eines Videospiels über einen Fernseher verwendet werden.

Die *Steckernetzteile* werden nicht getrennt betrachtet. Sie werden bei den zugehörigen Geräten bilanziert.

Kommunikation

Für den Stromverbrauch relevant sind nicht die einfachen Telefone, sondern nur sogenannte „Komforttelefone“, die mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet sind.

⁶ Inkl. tragbare Fernseher (Bildschirmdiagonale 36/42 cm) und Fernseher mit integriertem Videorekorder.

⁷ Plasma-Technik: Zwischen zwei Glasplatten wird in vielen kleinen Kammern Edelgas mit elektrischem Strom dazu gebracht, eine Phosphorschicht aufleuchten zu lassen.

⁸ Das Licht einer Lampe fällt auf eine dünne Flüssigkristallschicht (LCD) oder einen Chip mit vielen kleinen Spiegeln (DLP = digital light processing), die als Lichtventile dienen. Über eine Linsenoptik wird das entstandene Bild auf den Bildschirm projiziert.

Ein Großteil dieser Telefongeräte sind dabei *Schnurlostelefone*, die aus einer Basisstation mit einem oder mehreren Handgeräten bestehen.

An weiteren Endgeräten im Bereich Kommunikation werden *Anrufbeantworter* und *Faxgeräte* unterschieden. Einfache Faxgeräte mit Thermopapierdruckern oder Thermotransferdruckern werden zunehmend auch in Privathaushalten eingesetzt.

Mobiltelefone, auch als Handys bezeichnet, unterscheiden sich von den schnurlosen Telefonen unter anderem dadurch, dass sie ohne eigene Funk-Basisstation auskommen. Auch sind die heutigen Mobiltelefone multifunktional ausgelegt, so dass sie längst nicht mehr ausschließlich dem Zweck der mobilen Kommunikation dienen. Ihre Kommunikationstechnik basiert auf dem GSM-Standard und soll 2003 um den UMTS-Standard erweitert werden. Zwischen diesen beiden Handytypen wird in dieser Untersuchung unterschieden, da sie sehr unterschiedliche Leistungsaufnahmen aufweisen. Üblicherweise wird beim Kauf eines Mobiltelefons ein zugehöriges Ladegerät mitgeliefert. Diese Ladegeräte werden in die Betrachtung des Strombedarfs der Mobiltelefone mit einbezogen, wobei hier keine Unterscheidung zwischen GSM- und UMTS-Mobiltelefon notwendig ist, da es in beiden Fällen den Zweck Akkus zu laden erfüllt. Es gibt jedoch zwei unterschiedliche Technologien, um aus der Netzspannung die gewünschte Ladespannung zu transformieren. Diese unterscheiden sich stark in der Energieeffizienz. Die Netzspannung kann mittels eines Transformators oder mit einem Schaltnetzteil in die gewünschte Ladespannung umgewandelt werden. Das Schaltnetzteil besteht im Wesentlichen aus einer Elektronik mit einem Schwingkreis und einem dadurch miniaturisierbaren Trafo.

Datenverarbeitung

Unter dem Begriff *Personal Computer (PC)* werden die in Haushalten und Büros üblicherweise verwendeten fest installierten Computer zusammengefasst. Alle Zusatzgeräte, die im Gehäuse des Computers eingebaut sind, oder über das Netzteil des Computers mit Energie versorgt werden, werden als Teil des PCs betrachtet.

Tragbare Computer, sogenannte *Notebooks* (auch als Laptops bezeichnet) können sowohl im Netz- als auch im Akkubetrieb verwendet werden.

Unter dem Begriff *PDA (persönlicher digitaler Assistent)* versteht man einen Taschencomputer, der beispielsweise als Terminkalender oder als Speicher von kleinen Datenmengen dient. Üblicherweise erfolgt die Bedienung über eine berührungsempfindlichen Anzeige oder eine kleine Tastatur.

Bei den Monitoren werden *Kathodenstrahl-Monitore* und die neueren *LCD-Monitore* (LCD: Liquid Crystal Display) unterschieden. Bei der konventionellen Kathodenstrahlröhre wird ein Elektronenstrahl Zeile für Zeile auf die Rückseite der Bildröhrenfront gerichtet. Eine spezielle Beschichtung wird damit zum Leuchten

angeregt. Die LCD-Monitore hingegen haben eine Flüssigkristallanzeige. In ihr sind spezielle Substanzen zwischen zwei Polarisatoren eingeschlossen. Diese Substanzen verändern die Polarisationssebene des Lichts, wenn sie durch Anlegen einer Spannung aktiviert werden.

Die in Haushalten und Büros hauptsächlich verwendeten Druckertypen sind *Tintenstrahldrucker* (dominierend im Haushaltsbereich) und *Laserdrucker* (dominierend im Bürobereich). *Nadeldrucker* werden nicht mehr vermarktet; da sie jedoch im Bestand noch vorhanden sind, werden sie ebenfalls berücksichtigt.

Scanner dienen der Digitalisierung von Grafiken (z. B. Bilder, Texte, Zeichnungen etc.). Diese werden auf fotoelektronischem Weg eingelesen und können anschließend am Rechner überarbeitet werden.

Fotokopierer spielen vorwiegend im Bürobereich eine Rolle. In den Haushalten werden vereinzelt einfache Tischkopierer eingesetzt.

Aktivboxen (PC) sind vorwiegend im Haushaltsbereich eingesetzt. Sie werden an den PC angeschlossen, um multimediale Anwendungen (z. B. Spiele) auch akustisch erlebbar zu machen. Sie verfügen über einen eingebauten Verstärker und mehrere Lautsprecher.

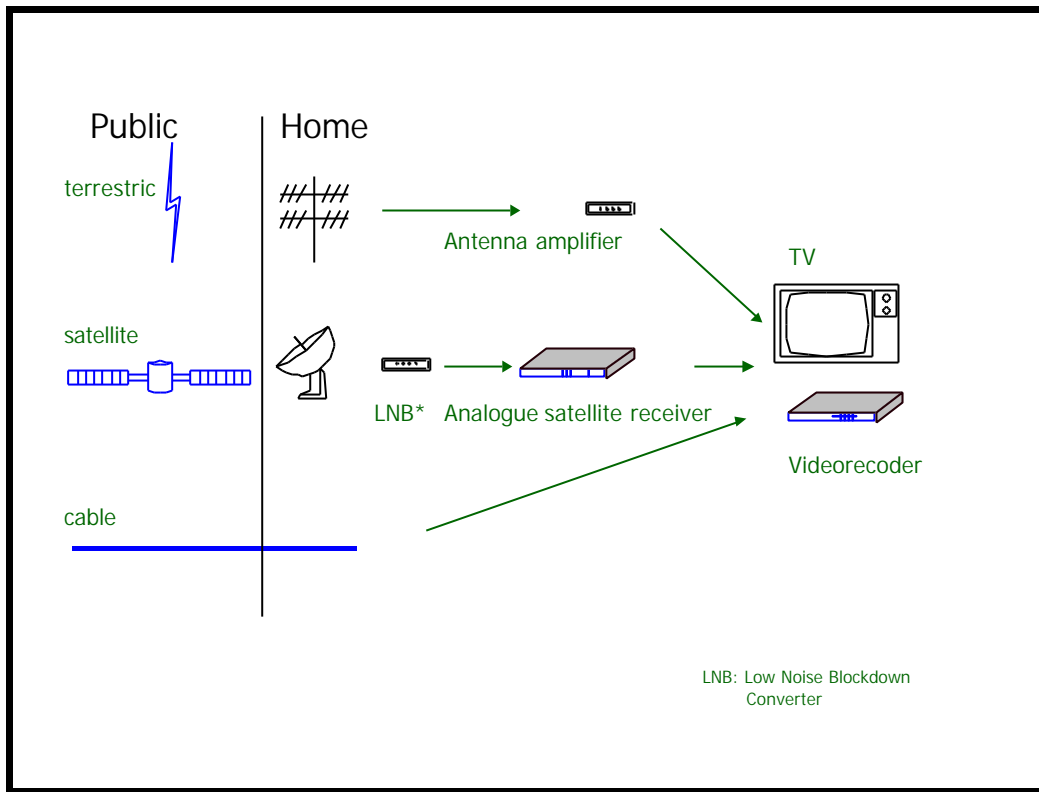
2.2.2 Gebäudeinterne Infrastruktur

Fernseher-Infrastruktur

Bei der für den Fernsehempfang erforderlichen Infrastruktur in den Wohnungen der Endbenutzer ist zwischen der analogen Standardtechnik und dem digitalen Fernsehen (DVB: Digital Video Broadcasting) zu unterscheiden.

Beim *analogen* Fernsehen werden Fernsehsendungen heute über drei verschiedene Verbreitungstechnologien (terrestrisch, Satellit und Kabel-TV) übertragen und beim Empfänger verstärkt, decodiert, eventuell gespeichert (Videorekorder) und angezeigt. Dabei stellt sich die Situation heute so dar, dass etwas mehr als die Hälfte aller Haushalte Fernsehen über Breitbandverteilnetze empfangen, ein weiteres Drittel nutzt die Möglichkeiten des Satellitenempfang, während etwas mehr als ein Zehntel der Haushalte weiterhin Fernsehsendungen nur terrestrisch empfangen kann (Zimmer 1998). An Zusatzgeräten wird beim analogen Satellitenfernsehen ein Satellitenempfänger benötigt. Die Antennenverstärker dienen der Verstärkung der Funksignale. Heute nur noch marginal in Gebrauch sind analoge Pay-TV-Decoder für das Angebot von Premiere-analog. In naher Zukunft wird dieses Angebot verschiedenen Pressemeldungen zufolge eingestellt werden. Daher wurden diese Geräte nicht in die Bilanzierung aufgenommen.

Abbildung 2.2-1: Beteiligte Geräte beim Endbenutzer beim analogen Fernsehempfang



Die Einführung des *digitalen* Fernsehens wird seit mehr als 10 Jahren mit verschiedenen Zielvorstellungen (z. B. interaktives Fernsehen, Video on Demand, Pay per View) mit mehr oder weniger großem Erfolg verfolgt. Dabei sind mit dem digitalen Fernsehen verschiedene Vorteile verbunden:

- Höhere Bandbreiten: Kompressionstechniken erlauben die Übertragung von 8 digitalen Kanälen anstelle von einem analogen Kanal,
- höhere Qualität: Fehlerkorrekturverfahren,
- mobile Nutzung in hoher Qualität mit kleinen Antennen,
- Personal Videorekorder (PVR): Nach bestimmten Kriterien kann ein eigenes Programm aufgezeichnet werden.

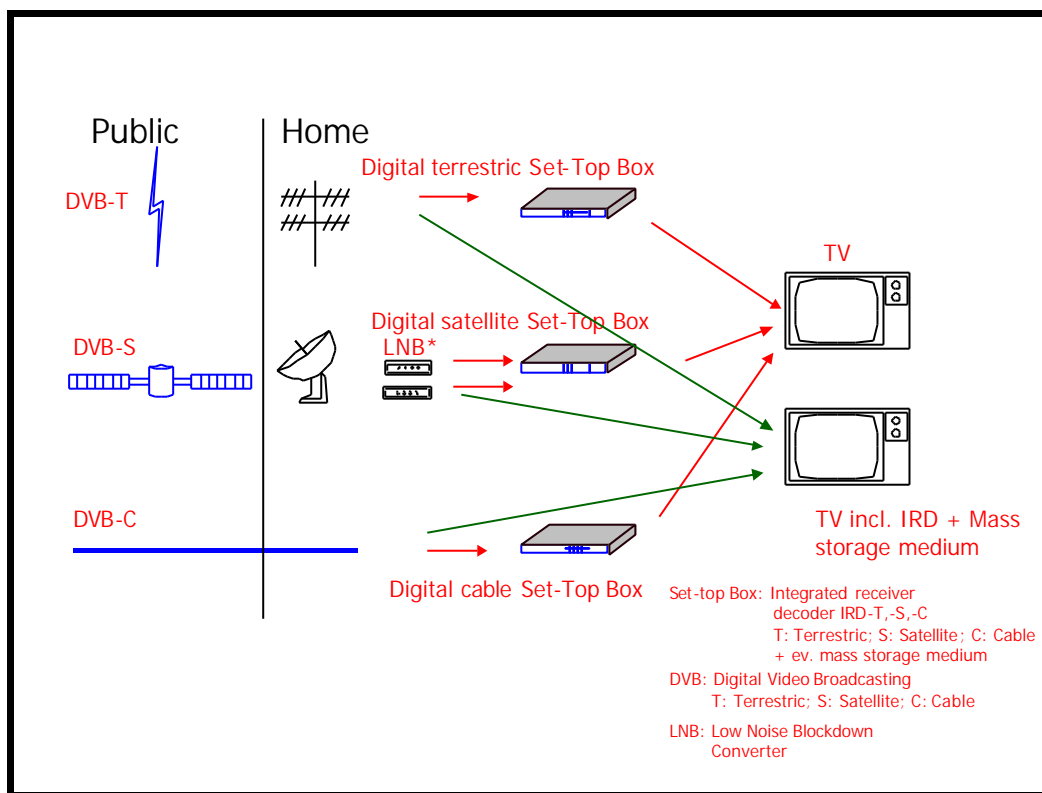
Für alle drei TV-Verbreitungsmöglichkeiten (terrestrisch, Satellit und Kabel-TV) werden beim digitalen Empfang andere Modulations- und Fehlerkorrekturverfahren eingesetzt. Das bedeutet, dass unterschiedliche bzw. entsprechend modifizierte Set-top-Boxen auf den verschiedenen Verbreitungswegen eingesetzt werden müssen (Abbildung 2.2-2). Eine Set-top-Box empfängt (Conditional Access CA), decodiert und wandelt die Signale in ein fernsehgerechtes Video-Signal um. Sie wird auch

Integrated Receiver Decoder (IRD) genannt. Die Set-top-Box kann in Zukunft weitere Funktionen enthalten wie

- Modem-Kommunikation über Telefonleitungen oder Funknetze (schmalbandiger Rückkanal zu Informationsanbieter),
- Schnittstellen zu PC,
- Massenspeicher wie z. B. Harddisk.

Zusätzlich wird beim Empfang des analogen und digitalen Fernsehen über Satellit ein LNB (Low Noise Blockdown Converter) benötigt.

Abbildung 2.2-2: Vom Endbenutzer für einen digitalen Fernsehempfang eingesetzte Geräte



Für die Bilanzierung der Fernseher-Infrastruktur wurden folgende Geräte unterschieden: Satelliten-Receiver sowie die für den Satellitenempfang ebenfalls erforderlichen LNBs (Low Noise Blockdown Converter); Antennenverstärker, die generell beim terrestrischen und teilweise auch beim Kabelempfang erforderlich sind; und als letzte Gruppe die hier als digitale Set-top-Box bezeichneten Geräte, unter der für die Bilanzierung alle Geräte zusammengefasst werden, die für den Empfang von digitalen Programmen notwendig sind.

Internet-/Telefon-/Sonstige – Infrastruktur

Die Kommunikations-Infrastruktur in Gebäuden besteht immer noch weitgehend aus getrennten Netzen für die Datenkommunikation und die Sprachkommunikation. In Haushalten mit nur einem Telefonanschluss (bzw. einer Amtsleitung) ist keine Kommunikations-Infrastruktur vorhanden, der ein eigener Energieverbrauch zuzuordnen ist. Bei mehreren Anschlüssen oder Nebenstellen werden meistens Telefonanlagen mit ISDN als zu Grunde liegende Technologie betrieben. In Haushalten sind dies kleine ISDN-Anlagen mit wenigen Nebenstellen (ISDN-Box), während in Unternehmen Anlagen mit mehreren tausend Nebenstellen eingesetzt sein können (Nebenstellen-Anlagen). Die Hardware lokaler Netze zur Datenkommunikation besteht im Wesentlichen aus kleinen Hubs, Switches, Routern und Servern, die verschiedene Dienstleistungen für das lokale Netzwerk erfüllen.

Bei *Hubs* handelt es sich im Allgemeinen um einfache Geräte, die auf der untersten Schicht der Netzwerkstruktur arbeiten. Sie empfangen Daten an einem oder mehreren Ein-/Ausgängen und leiten sie an alle anderen Ein-/Ausgänge weiter, ohne irgendwelche semantischen Informationen aus dem Datenstrom zu erkennen und zu verwenden. Hubs dienen dazu, eine sternförmige Netzstruktur aufzubauen. Die Zahl der Ein-/Ausgänge kann von weniger als zehn bis zu 1000 reichen. Bei kleinen Hubs handelt es sich in aller Regel um handliche Geräte in der Größe eines externen Modems, die über ein Steckernetzgerät mit Strom versorgt werden. Größere Hubs sind dagegen in Einbaurahmen integriert.

Diese Geräte werden, abgegrenzt von den kleineren Hubs, auch als *Switches* bezeichnet. Sie arbeiten z. T. auf höheren Protokollschichten⁹ (bis zu Schicht 3) und übergeben Datenpakete, die an einem Ein-/Ausgang ankommen, nur an den Ausgang, wo sich der gesuchte Empfänger befindet. Dazu müssen sie einen Teil der Protokollinformation interpretieren und verarbeiten. Switches könnte man damit sozusagen als "intelligentere Hubs" bezeichnen.

Router arbeiten auf Schicht 3 der Netzwerke und verbinden verschiedene Subnetze mit gleichen Protokollen. Sie sind bei der üblicherweise verwendeten TCP/IP Protokoll-Kombination in der Lage, die IP Adressen zu interpretieren, die ein Gerät im Internet und auch in vielen Intranets/LANs eindeutig identifizieren. Ihre Aufgabe besteht im Wesentlichen darin, Datenpakete anhand der Empfängeradresse auf den richtigen Weg durch ein Netzwerk zu senden, der normalerweise nicht aus einer direkten Verbindung zum Empfänger besteht, sondern aus einer indirekten über mehrere Rechner, die als Zwischenstationen dienen. Dazu besitzen sie entweder statische Routing-Tabellen, in denen der jeweilige Pfad zur nächsten Zwischenstation vermerkt ist, oder sie unterstützen dynamisches Routing, bei dem die Versand-

⁹ Das Schichtenmodell für Computernetzwerke wird in Anhang 4 erläutert.

wege über Lernalgorithmen verbessert werden. Dynamisches Routing findet in der Regel nicht in gebäudeinternen Netzen statt, sondern vielmehr bei den Hauptleitungen des Internet. Im Haushaltsbereich wird ein Router zur Vernetzung mehrerer PCs eingesetzt. Damit wird ein gleichzeitiger Internetzugang über DSL ermöglicht. Im Bürobereich kommen hauptsächlich Großgeräte als 19-Zoll Rack-Einbau zum Einsatz.

Der *DSL-Splitter* wird an die Telefondose angeschlossen. Telefonie und Daten werden über dasselbe Kabel mit unterschiedlicher Frequenz übertragen. Der Splitter trennt die Daten- von den Telefonsignalen.

DSL-Modems dienen der Umwandlung von digitalen Daten aus dem PC in den DSL-Standard und umgekehrt. Sie werden sowohl als externe Geräte als auch als interne PC-Karte vermarktet.

Das *CATV-Modem* (Cable-Television-Modem) ermöglicht den Internet-Zugang über das Breitband-Kabel-Netz.

Das *Satelliten Modem* ermöglicht den Internet-Zugang über spezielle Satelliten. Es können Daten über den Satelliten empfangen und über konventionelle Übertragungssysteme, z. B. eine Telefonleitung, gesendet werden.

Powerline-Communication (PLC) bezeichnet den Datentransfer über die Stromleitungen. Dem elektrischen Strom mit seiner Frequenz von 50 Hertz wird dabei ein Signal aufmoduliert. Im Haushalt sind zur Nutzung der PLC-Technologie zwei Gerätearten notwendig: Am Stromzähler wird eine Hausstation (*PLC-Hauskoppler*) eingerichtet, die aus der Vielfalt der Signale die für den Hausanschluss bestimmten Signale herausfiltert. Die Weiterleitung des Signals erfolgt über das hausinterne Stromnetz. An einer herkömmlichen Steckdose kann über einen *PLC-Adapter* das Signal mit einem Datenkabel an ein Endgerät (z. B. einen Computer) geleitet werden.

Telefon-Modems (Modulator/Demodulator) dienen der Umwandlung von digitalen Signalen in akustische Signale (und umgekehrt), die über die herkömmlichen Telefonleitungen versendet werden können. In der Vergangenheit wurden Modems vielfach auch als externe Geräte vermarktet, die eine eigene Stromversorgung aufwiesen. Heute werden i.d.R. interne, in einen PC integrierte Modems verkauft. Die externen Geräte sind meistens mit einem Steckernetzteil ausgerüstet.

Die *ISDN-Box* besteht aus einem Netzabschlussgerät (NTBA) und einer zusätzlichen Telefonanlage, an die mehrere analoge Telefone angeschlossen werden können. Der direkte Anschluss ISDN-fähiger Telefone an das Netzabschlussgerät kommt im Haushaltsbereich eher selten vor und wird daher nicht gesondert berücksichtig-

sichtig. Im Bürobereich werden die ISDN-Boxen nicht gesondert betrachtet, sondern sind in der Bilanzierung bei den Nebenstellenanlagen enthalten.

Große *Nebenstellenanlagen* werden hauptsächlich im Bürobereich eingesetzt. Sie werden über den spezifischen Leistungsbedarf der einzelnen Nebenstellen bilanziert.

Die *Türsprechanlage* wird von einem zentralen Transformator mit Strom versorgt. An ihm sind im Allgemeinen Türöffner, Klingeltasten sowie die Sprechanlagen und Türklingeln der einzelnen Wohneinheiten angeschlossen.

Netzinfrastruktur in Büros

Wesentliches Element der im Bereich Datenverarbeitung benötigten Infrastruktur stellen die *Server* dar. Eigenständige Server spielen im Haushaltsbereich kaum eine Rolle¹⁰, deshalb werden sie hier nur für den Bürobereich betrachtet.

Server gibt es ähnlich wie Router oder Hubs in sehr unterschiedlichen Dimensionen. In dieser Untersuchung wurden die Server in drei Klassen unterteilt:

- Server im unteren Preissegment (unter 25 k€), die vor allem in kleineren Unternehmen eingesetzt werden und dort als Datei-Server, E-Mail-Server oder Web-Server dienen. Solche Geräte werden auch von Service-Providern eingesetzt, die zur Verteilung des Ausfallrisikos eine große Anzahl kleiner Server einsetzen.
- Server der mittleren Preisklasse (zwischen 25 und 100 k€) werden eher in größeren Unternehmen eingesetzt. Sie dienen als Datei oder Application-Server. Roth et al. (2002) charakterisieren diese Geräte als Nachfolger der Minicomputer, die in den siebziger und achtziger Jahren verwendet wurden.
- Das obere Preissegment (ab 100 k€) wird von Servern besetzt, die sehr große Datenmengen verarbeiten können. Sie werden beispielsweise in Banken, Versicherungen oder auch bei Fluggesellschaften eingesetzt, wo eine sehr große Anzahl von Kunden- und Produktdaten bereitgehalten und verarbeitet werden müssen.

An die *USV* (Unterbrechungsfreie Stromversorgung) werden im allgemeinen Geräte angeschlossen, die besonders gegen Netzausfall abgesichert werden müssen (z. B. Server, Router etc.). Bei Netzausfall übernimmt eine Batterie die Energieversorgung der angeschlossenen Geräte, ohne dabei den Stromfluss zu unterbrechen.

¹⁰ Eine in Haushalten gelegentlich anzutreffende Konstellation ist die gleichzeitige Nutzung eines PCs mit größerer Festplatte als Server zur Daten- und Programmsammlung für weitere mit ihm verbundene kleinere PCs. Diese PCs werden jedoch bereits bei den Endgeräten berücksichtigt.

2.2.3 Vernetztes Haus

Ein Werbetext der Promotoren für „Home Automation“:

„Stellen Sie sich vor: Sie sind in Ihrem Elektro-Auto auf dem Weg nach Hause. Sie freuen sich auf Ihr gemütliches Wohnzimmer und auf das warme Essen, das bereits auf Sie wartet - den E-Herd haben Sie von Ihrem Büro aus per Telefon eingeschaltet. Weil es spät geworden ist, zücken Sie Ihr Handy und programmieren rasch den Videorekorder, um Ihre Lieblings-Serie für Sie aufzunehmen. Beim Nachhausekommen öffnen Sie mit der elektronischen Fernsteuerung das Garagentor. Gleichzeitig gehen im Flur und im Wohnzimmer die Lichter an, und die Jalousien schließen sich.

Während Sie am Abend fernsehen, meldet die Waschmaschine über den Bildschirm, dass sie ihr Programm beendet hat; gleichzeitig schaltet sich in der Küche der Geschirrspüler ein.

Bevor Sie schlafen gehen, stellen Sie noch den Wecker um eine Stunde später, weil ein früher Termin ausfällt. So wachen nicht nur Sie, sondern auch die Kaffeemaschine, der Toaster und das Radio, kurz gesagt das ganze Haus, um eine Stunde später auf. Ein schöner Traum - bald vielleicht Wirklichkeit.“

In einem vernetzten Haus kommunizieren ein Teil oder alle Geräte über ein Kommunikationssystem miteinander (Abbildung 2.2-3). Die Vernetzung und/oder die Steuerungen von proprietären Einzelsystemen wie

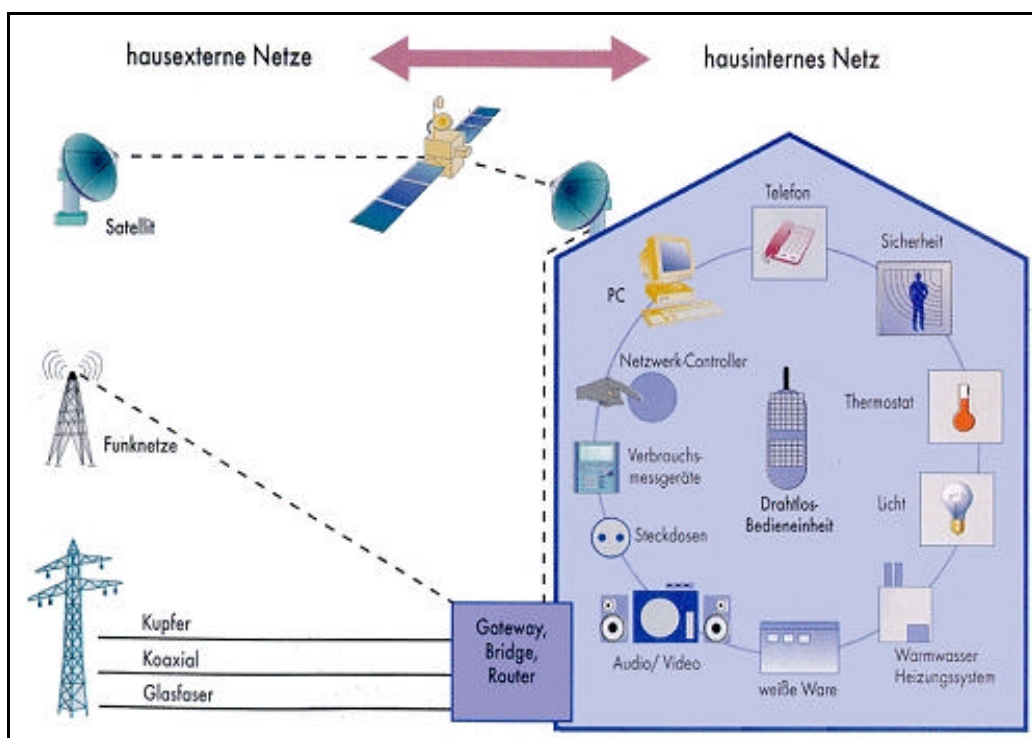
- Gegensprechanlage mit Türöffnung,
- Fernbedienung Garagentor,
- Telefon,
- Internet,
- Audio, TV: Fernbedienung, Lautsprecherverbindung, Kabelanschluss, Satellitenempfänger,
- Steuerung Heizung: Fernbedienung, Sensoren,
- Babyüberwachung,
- Umschaltung Stromtarife,
- Fernschaltung elektrische Verbraucher (Wassererwärmer, Waschmaschine) zur Laststeuerung,
- Sicherheitssysteme (Sensoren wie Bewegungsmelder, Glasbruchmelder usw.)

ergeben noch kein „vernetztes Haus“ in unserem Sinne, denn die Systeme können weder untereinander kommunizieren noch Übertragungseinrichtungen gemeinsam (Abbildung 2.2-4).

Die Kommunikation **des Haushaltes nach außen oder von außen** stützt sich auf verschiedene Systeme, welche an anderen Stellen dieser Untersuchung behandelt werden:

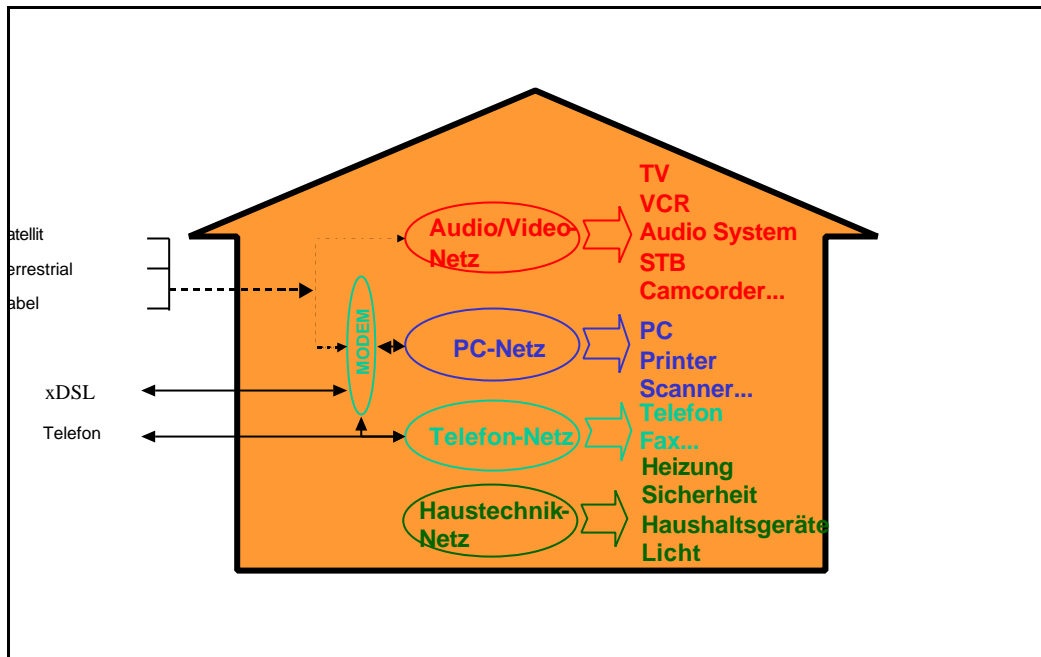
- Telekommunikationsnetz (bestehend aus Zentralen und Verbindungssystemen (Kupferkabel, Satellitensysteme, Richtstrahl, Funk usw.),
- Fernsehkabelnetz (Koaxkabel),
- Funk für Radio und Fernsehen (Einwegkommunikation),
- Stromnetz,
- Satellitenempfang (Einwegkommunikation).

Abbildung 2.2-3: Haus mit externen und internen Netzen



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft – Projekt in Haus-NRW; www.inhaus-nrw.de

Abbildung 2.2-4: Haus mit mehreren nicht verbundenen Teilnetzen



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft – Projekt in Haus-NRW; www.inhaus-nrw.de

In diesem Kapitel „vernetztes Haus“ wird die Vernetzung von Teilnetzen und die Vernetzung von Geräten, welche in den anderen Kapiteln nicht diskutiert werden, behandelt. Es sind dies die Gerätegruppen:

- Haushaltsgroßgeräte – Küche,
- Haushaltsgroßgeräte – Waschen,
- Beleuchtung,
- Heizung/Warmwasser,
- Sicherheitstechnik,
- Haushaltsgeräte allgemein (Kleingeräte in Küche und Bastelraum).

Bei der Vernetzung von Teilnetzen entsteht eine neue Dimension mit potentiellen Auswirkungen auf den Energieverbrauch:

- Energieverbrauch der Vernetzung selber,
- eine veränderte Nutzung der Geräte,
- induzierter Mehr- oder Minderverbrauch bei Tätigkeiten außerhalb des Hauses wie Einkaufen oder Arbeiten.

2.2.4 Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen

Fernmeldenetz-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 Übertragung erfolgt meist über eine Zweidraht Leitung aus Kupfer und stellt einen Anschluss dar. Die verwendete Übertragungstechnik reicht vom analogen Anschluss über den ISDN-Anschluss bis hin zu den verschiedenen Breitbandanschlüssen wobei die DSL-Anschlüsse für die Bilanzierung des Energiebedarfs getrennt betrachtet werden. Das Fernnetz übernimmt die Datenübertragung ab dem Übergabepunkt der Anschlussnetze. Die Übertragung erfolgt inzwischen meist über Glasfaserkabel. 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.

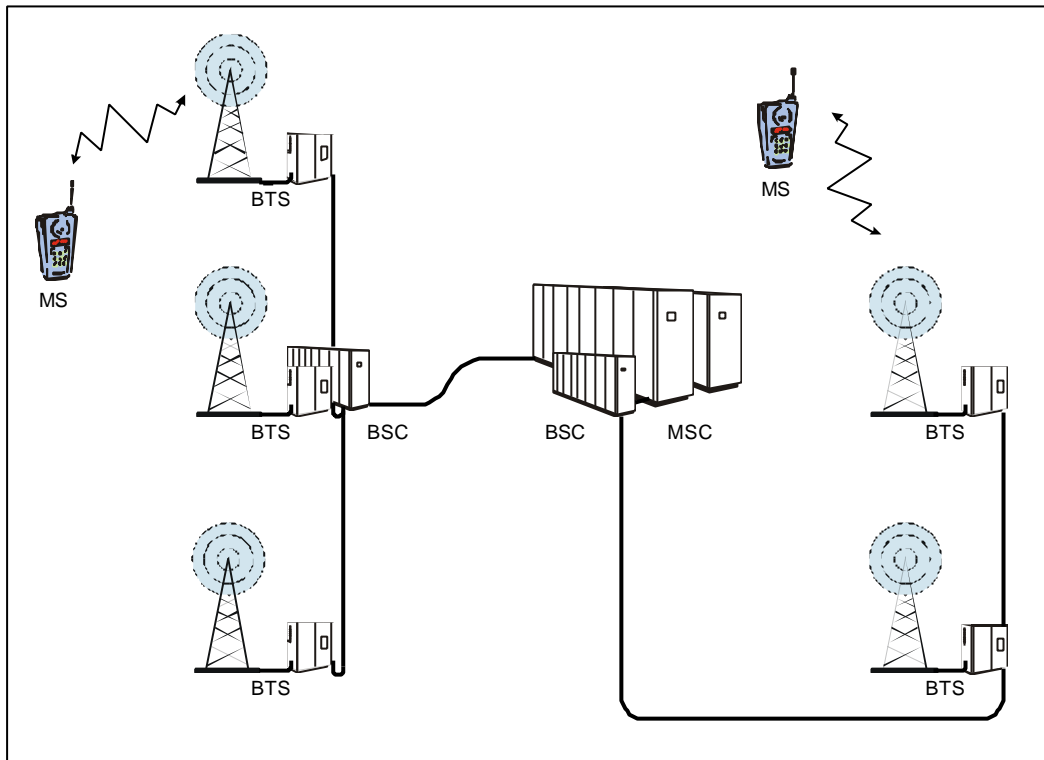
Mobilfunk-Infrastruktur

Mobilfunknetze, die auf dem GSM-Standard (Global System for Mobile Communications) oder dem 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 Richtfunk¹¹. Zwei Mobiltelefone treten nicht direkt miteinander in Verbindung, sondern werden immer über stationäre Sende-, Empfangseinrichtungen und Vermittlungsstellen verbunden.

Bei der Untersuchung wurde zwischen den Basisstationen (Base Transceiver Station, BTS) und den Standorten für Vermittlungstechnik unterschieden. In diesen Standorten sind häufig die Basisstationssteuerung (Base Station Controller, BSC), die eigentliche Vermittlungseinheit (Mobile Switching Center, MSC) und eine Reihe von Datenbank-Servern, gemeinsam untergebracht (vgl. Abbildung 2.2-5).

¹¹ Die Richtfunkstrecke wird dem Festnetz zugerechnet, da sie zwei stationäre Funkstationen hat und sie damit keine Mobilfunkcharakteristik aufweist.

Abbildung 2.2-5: Architektur eines GSM-Mobilfunknetzes



GPRS (General Packet Radio Service), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) und EDGE (Enhanced Data Service for GSM Evolution) sind Mobilfunkübertragungssysteme, die speziell für die Anforderungen an die mobile Datenkommunikation mit Blick auf das mobile Büro entwickelt wurden. Sie gelten als Zwischenschritt zu UMTS und ermöglichen im GSM-Netz eine größere Übertragungsrates bei Datendiensten wie dem mobilen Internet.

Das UMTS-Netz ist ein völlig eigenständiges Netz, das komplett neu aufgebaut werden muss. Wie schon bei der GPRS-Technik, werden die Daten in Paketen übertragen. Es wird keine „Leitung durchgeschaltet“, sondern es wird Kapazität zum Übertragen der Datenpakete gebucht. Die eigentliche Schnittstelle zum Mobiltelefon bildet die Node B. Sie hat im GSM-Netz ihr Äquivalent in der BTS (Base Transceiver Station) und übernimmt die Funkversorgung eines bestimmten geographischen Gebietes. Wie bei der GSM-Technik wird auch hier eine eigenständige Vermittlungstechnik benötigt.

Alle beschriebenen Anlagenteile der Mobilfunk-Infrastruktur müssen während ihres Betriebs gekühlt werden. Dies geschieht mit Lüftern und größtenteils mit Klimageräten.

2.2.5 Data Centres

Die Bezeichnung Data Centres ist nicht eindeutig definiert. Einer breiteren Öffentlichkeit bekannt wurden Data Centres in den Jahren 2000/01 – in der Schweiz z. B. durch Artikel in der Tagespresse von Guggenbühl (2001a, 2001b) und Knolmayer/Scheidegger (2001) - im Zusammenhang mit den in wichtigen Agglomerationen geplanten riesigen Serverfarmen, welche den erwarteten Bedarf des elektronisch abgewickelten Wirtschaftsgeschehens an kostengünstiger und sicherer Computer-raumkapazität abdecken sollte.

Im weiteren Sinn werden mit Data Centres aber alle Gebäude oder Teile von Gebäuden bezeichnet, die Server und ähnliche IuK-Geräte beherbergen und die nicht direkt am Arbeitsplatz der Benutzer stehen. Darunter fallen die traditionellen Rechenzentren mit wenigen Großcomputern, die Serverräume, wie sie in den meisten größeren Betrieben seit einigen Jahren existieren und mehr und mehr auch bei den kleinsten Betrieben eingeführt werden, die Serverfarmen, aber auch die zentrale Infrastruktur für den Betrieb des Internets und der Telekommunikation, soweit es nicht direkt um die Übertragung der Signale im engen Sinn (Verstärker, Repeater, Antennen, Kabel u. ä.) geht (Abbildung 2.2-6, Abbildung 2.2-7).

Mit Data Centres werden im engeren Sinne ausschließlich die so genannten Server-Farmen bezeichnet, in denen Daten und Dienstleistungen für Internet-Anwendungen gespeichert und ausgeführt werden.

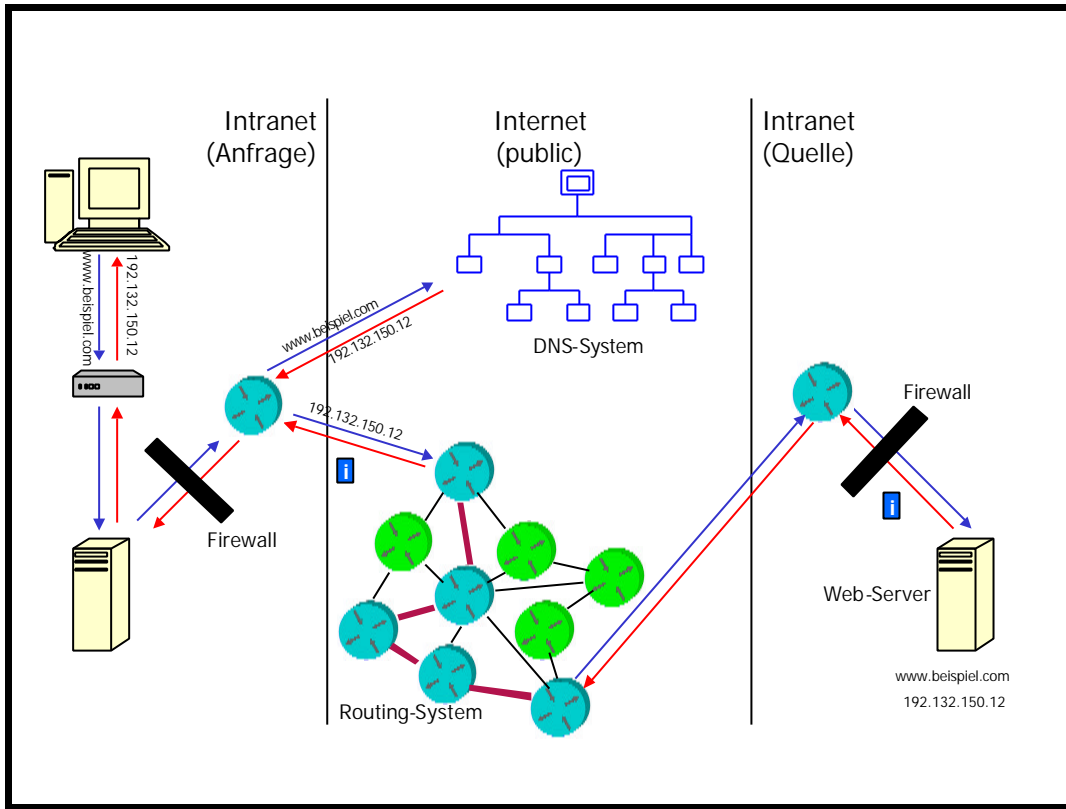
In dieser Studie geht es um den Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energiebedarf. Die Frage, wo diese Geräte stehen – in einem Büroraum oder in einer Serverfarm -, ist für die Bilanzierung von untergeordneter Bedeutung. Die Server werden in dieser Untersuchung im Rahmen der Büro-Infrastruktur abgehandelt. Die unter dem Oberbegriff „Data Centres“ präsentierten Ausführungen zum Energiebedarf der Server und ähnlicher Geräte in Data Centres sind deshalb als Ergänzung anzusehen. Insbesondere wird der Energiebedarf für den Betrieb der Infrastruktur thematisiert und die Frage der lokalen Konzentration der Stromnachfrage von IuK-Geräten diskutiert.

Die Infrastruktur für eine sichere Stromversorgung und für die Abfuhr der Wärme, die von den Servern abgegeben wird, ist für den Betrieb der meisten Server ein Thema. Selbst in Kleinstbetrieben mit nur einem Server wird dieser heute mehrheitlich in einem mindestens mechanisch belüfteten – häufig aber auch gekühlten – Raum betrieben¹², und eine USV-Anlage gehört heute mehr und mehr zur Standardausrüstung¹³.

¹² in rund 50 % der Klein- und Mittelbetriebe in der Schweiz, die mindestens einen Server betreiben, stehen die Server in einem klimatisierten Raum (Huser 2001).

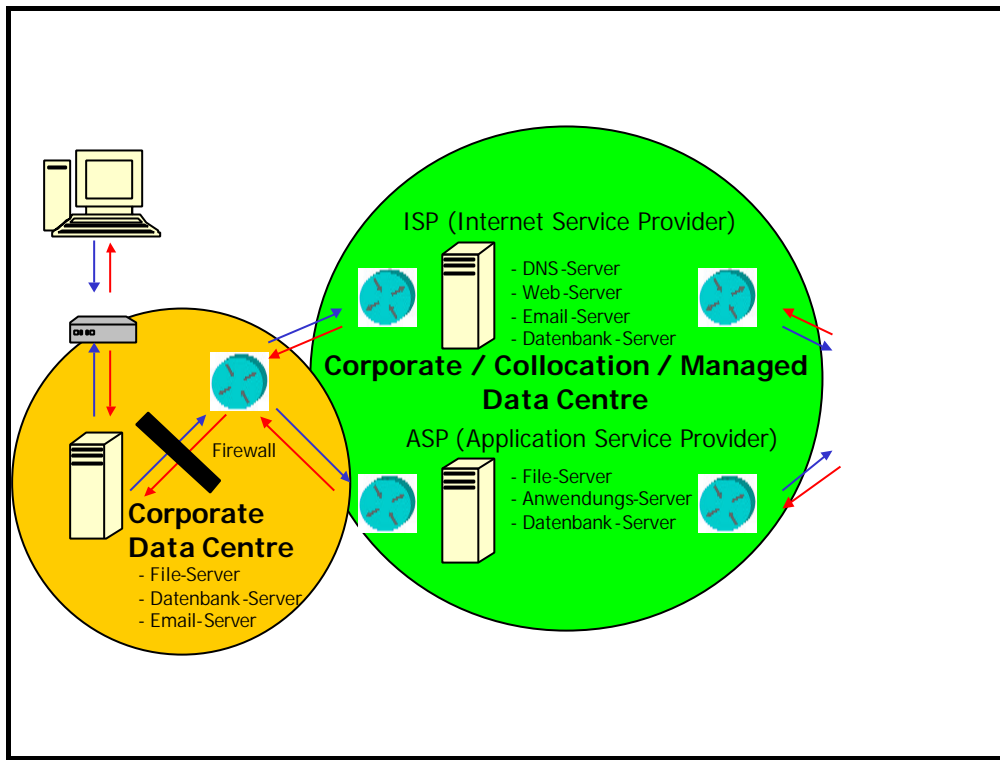
¹³ 80 % der Server in Klein- und Mittelbetrieben in der Schweiz (Huser 2001).

Abbildung 2.2-6: Struktur von Intranet und Internet



Quelle: Encontrol GmbH

Abbildung 2.2-7: Data Centres nach Geräteeigentümer und Hauptserverarten



Quelle: Encontrol GmbH

3 Bestand und erwartete Marktentwicklung moderner Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland bis 2010

3.1 Endgeräte in privaten Haushalten

Um den zukünftigen Bestand und die Nutzung von Informations- und Kommunikationsendgeräten modellieren zu können, muss die gegenwärtige Situation genügend genau beschrieben werden. Neben der im vorigen Kapitel vorgenommenen Definition der für die kommenden Jahre relevanten Gerätetypen soll im Folgenden betrachtet werden, welche Daten über den Bestand der ausgewählten Geräte verfügbar sind. Leider existieren zur heutigen installierten Basis an Endgeräten in Deutschland keine einheitlichen Zahlen und teils nur unvollständige Angaben. Insofern müssen die verschiedenen Datenquellen identifiziert und im Hinblick auf die Aufgabenstellung bewertet sowie nach Nutzersegmenten (private Haushalte, Unternehmen unterschiedlicher Größe) abgeschätzt werden. Um einen konsistenten Datensatz für die Prognose künftiger Bestände zu erhalten, wurden die verschiedenen Datenquellen systematisch vereinheitlicht.

Dabei wurden folgende *Informationsquellen* verwendet:

- Amtliche oder quasi-amtliche Statistik (StaBu, 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.

In Anhang A1.1 werden alle für die Bestandsermittlung verwendeten Datengrundlagen ausführlich beschrieben. Anhang A1.4.1 enthält eine tabellarische Übersicht über die Bestände aller in dieser Studie betrachteten Haushalts-Endgeräte für die Jahre 2001, 2005 und 2010.

3.1.1 Audio-Geräte

Radiogeräte gehören heute in nahezu allen privaten Haushalten (rund 98 %) zur üblichen Ausstattung. Die weitaus meisten Haushalte besitzen eine Vielzahl von unterschiedlichen *Radiogeräten*. Diese Geräte reichen vom Küchenradio bis zum Autoradio und vom Radiowecker bis zur Stereoanlage. Statistisch besitzen bereits über 90 % der privaten Haushalte mehrere Radiogeräte. Dennoch sind auch für die

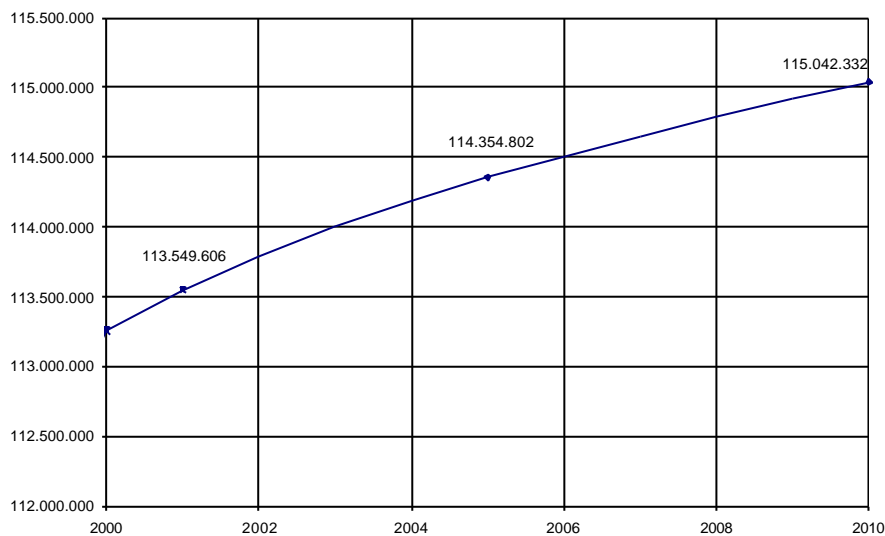
kommenden Jahre weitere Zuwächse zu erwarten. Im einzelnen wurden für die Untersuchungsjahre folgende Ausstattungsraten ermittelt (Tabelle 3.1-1):

Tabelle 3.1-1: Haushaltsausstattung mit Radiogeräten für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| Haushalte mit | 1 Radio | 2 Radios | 3 Radios | 4 und mehr Radios |
|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 2001 | 8,8 % | 21,3 % | 26,2 % | 41,4 % |
| 2005 | 10,0 % | 21,8 % | 27,0 % | 41,0 % |
| 2010 | 10,0 % | 22,0 % | 27,0 % | 41,0 % |

Auf Grundlage dieser Diffusionsquoten ergibt sich die in Abbildung 3.1-1 dargestellte Entwicklung der Zahl der Radiogeräte in den Haushalten Deutschlands, die im Prognosezeitraum um etwa 1,5 Mio. auf rund 115 Mio. Radiogeräte im Jahr 2010 ansteigen wird.

Abbildung 3.1-1: Entwicklung der Zahl der Radiogeräte bis 2010



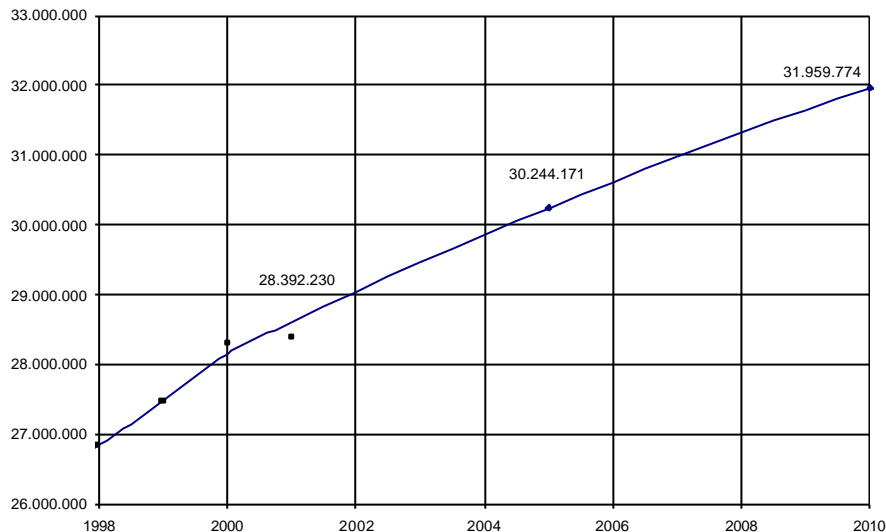
Quelle: Media Analyse, eigene Berechnungen

Stereoanlage

Zu den im Jahr 2001 vorhandenen mehr als 113 Mio. Radiogeräten zählen auch rund 31 Mio. Autoradios, die allerdings im Rahmen der Energieprognose dieser Studie unberücksichtigt bleiben. Unter den hier betrachteten Radios befinden sich ferner Empfangsgeräte, die als Bestandteil einer Stereoanlage eigenständig statistisch erhoben werden. Dabei wurde bei den Stereoanlagen angenommen, dass sich

deren Zahl nur noch leicht von heute etwas mehr als 28 Mio. auf 30,2 (2005) bzw. rund 32 Mio. (2010) erhöhen wird.

Abbildung 3.1-2: Entwicklung der Zahl der Stereoanlagen aus Einzelkomponenten bis 2010



Quelle: Media Analyse, eigene Berechnungen

Kompaktanlage

Die Kompaktanlagen haben heute einen Anteil von etwa 17,5 % der Radiogeräte. Diese Quote wird aller Voraussicht nach in Zukunft stabil bleiben. Insofern ändert sich lediglich parallel zum demographischen Trend die Stückzahl der Geräte, Diese steigt geringfügig von 19,8 Mio. (2001) auf 20 Mio. (2005) bzw. 20,1 Mio. (2010) an.

Radiowecker

Grundsätzlich vergleichbare Annahmen werden für die Verbreitung von Radioweckern getroffen: Der Anteil der *Radiowecker* an allen Radiogeräten liegt heute bei 17,6 %, so dass deren Anzahl von heute knapp 20 Mio. auf 20,1 Mio. (2005) bzw. 20,3 Mio. (2010) anwachsen wird.

Radiorekorder (tragbar)

Übrig bleiben mehr als 10 Mio. Radios sehr unterschiedlichen Typs, die jedoch wesentlich der Gruppe tragbarer Geräte zuzuordnen sind, vom einfachen „Küchenradio“ bis zum „Ghettoblaster“. Ihre Zahl wird sich im Prognosezeitraum um annähernd 3 Mio. Geräte verringern, von heute knapp 13,9 Mio. auf 12,7 Mio. im Jahre 2005 und auf 11,2 Mio. im Jahr 2010 (vgl. Tabelle 3.1-2).

Tabelle 3.1-2: Haushaltsausstattung mit Radio-Geräten für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | Radios insgesamt | darunter Autoradios | darunter Kompaktanlagen | darunter Radiowecker | darunter tragbare Radios |
|-------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 2001 | 113 339 952 | 31 178 027 | 19 882 194 | 19 996 678 | 13 890 822 |
| 2005 | 114 354 802 | 31 300 904 | 20 012 090 | 20 137 881 | 12 659 756 |
| 2010 | 115 042 332 | 31 454 500 | 20 132 408 | 20 258 955 | 11 236 695 |

3.1.2 Fernseher

Auch bei Fernsehgeräten ist eine weitgehende Vollaussstattung der Haushalte mit zumindest einem (ersten) Empfangsgerät erreicht. Die absehbar weitere Steigerung der Gerätezahlen ist vor allem durch die Zunahme an Zweit- und Drittgeräten in den Haushalten verursacht. So wird die Zahl der Haushalte mit mindestens einem Fernsehgerät weiterhin bei knapp 97 % liegen, während der Anteil der Haushalte mit 2 und mehr Fernsehgeräten von heute 30 % auf annähernd 40 % anwachsen wird.¹⁴ Damit steigt die Gesamtzahl der Fernsehgeräte von 55 Mio. (2001) auf 59,5 Mio. (2010) (vgl. Tabelle 3.1.-3 und Tabelle 3.1-4).

Tabelle 3.1-3: Haushaltsausstattung mit Fernsehern für die Jahre 2001, 2005 und 2010

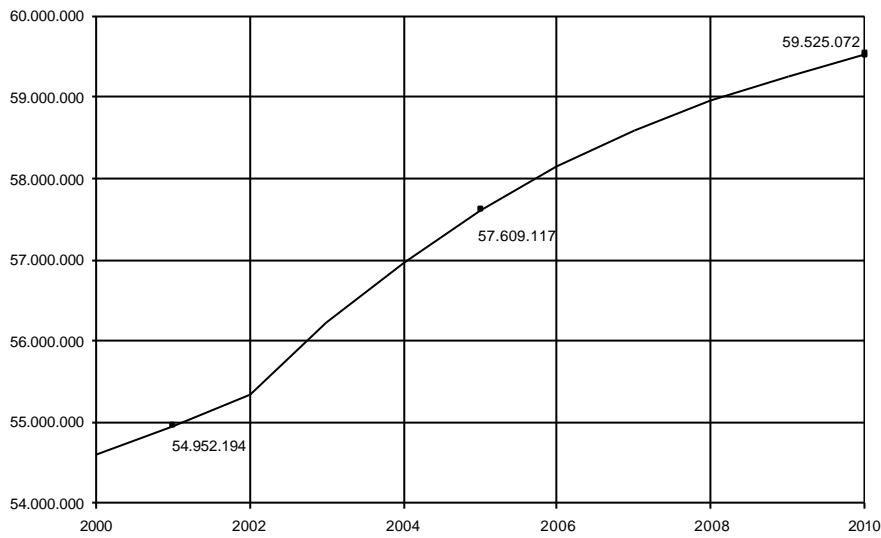
| | Fernseher insgesamt | davon Erstgeräte | davon Zweitgeräte | davon Drittgeräte |
|-------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2001 | 54.952.194 | 36.864.106 | 11.639.288 | 6.448.800 |
| 2005 | 57.609.117 | 37.137.048 | 13.517.085 | 6.954.985 |
| 2010 | 59.525.072 | 37.383.385 | 14.850.061 | 7.291.625 |

Es gibt keine öffentlich zugänglichen Daten über den Bestand an Fernseher nach Bildschirmtechnologie und Bildschirmgröße. Nach Ansicht der Experten wird die

¹⁴ Zum Vergleich: In den Niederlanden betrug 1996 der Anteil Zweitgeräte bereits 40 % und der Anteil Drittgeräte 14 % (Siderius 1998). Da in den vorliegenden Statistiken nicht nach Zweit- und Drittgerät differenziert wird, wurde angenommen, dass die Zuwachsrate bei den Drittgeräten nur halb so groß ist wie die der Zweitgeräte.

CRT-Technologie noch einige Zeit den Markt beherrschen. Danach werden sie vermutlich durch LCD- oder Plasma-Bildschirme abgelöst. Rückprojektionsgeräte werden voraussichtlich keine größere Verbreitung finden, da diese eine deutlich geringere Bildqualität bieten. So ist beispielsweise der Öffnungswinkel relativ klein, so dass man das Bild von der Seite nicht mehr erkennen kann.

Abbildung 3.1-3: Entwicklung der Zahl der Fernseher bis 2010



Quelle: Media Analyse, eigene Berechnungen

TV-Projektoren

Auch TV-Projektoren haben einige Nachteile, die einer weiterer Verbreitung in Haushalten entgegen stehen. So benötigen die Geräte wegen ihrer Komplexität viel Zeit beim Ein- und Ausschalten (lange Auskühlphase) und brauchen insbesondere eine Projektionsdistanz von mehreren Metern sowie eine hinreichend große weiße Projektionsfläche. Beides ist in privaten Wohnräumen häufig nicht vorhanden. TV-Projektoren bleiben deshalb zur Zeit ein Nischenprodukt als Zweitanlage in Neubauten für Liebhaber (Heimkino).

Plasma-Fernseher

Trotz des exzellenten Großbildes können Plasma-Fernseher auf Grund ihres hohen Preises zunächst in privaten Haushalten kaum Fuß fassen. Erst für das Ende des betrachteten Zeitraums kann mit einer nennenswerten Verbreitung von 3 % der Fernseher ausgegangen werden. Damit werden im Jahr 2010 knapp 1,6 Mio. Plasma-Fernseher in deutschen Haushalten vorhanden sein.

LCD-Bildschirme

Anders verläuft die Diffusionsquote von Fernsehern mit LCD-Flachbildschirm. Bei dieser Technologie wurden bei der Herstellung von Computerbildschirmen grundlegende Erfahrungen gewonnen, die für den TV-Bereich genutzt werden können. Auf Grund von Skalenwerten kann in den nächsten Jahren mit erheblichen Preissenkungen gerechnet werden. Insofern kann – ähnlich wie beim PC-Monitor, wenngleich mit einiger zeitlicher Verzögerung – mit einer Substitution der Geräte mit Kathodenstrahlröhre durch solche mit LCD-Flachbildschirm gerechnet werden. Es wird angenommen, dass sich der Anteil der LCD-Geräte von heute 1 % auf 40 % (2010) erhöhen wird. Damit wird die Zahl der LCD-Fernseher von knapp 0,5 Mio. im Jahr 2001 auf annähernd 21 Mio. im Jahr 2010 anwachsen, während die Zahl der Fernseher mit herkömmlicher Bildröhre auf rund 31 Mio. zurückgehen wird.

Tabelle 3.1-4: Haushaltsausstattung mit Fernsehern nach Technologien für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | Fernseher insgesamt | davon TV-Projektoren | davon mit Plasma-Bildschirm | davon mit LCD-Bildschirm |
|------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 2001 | 54.952.194 | 25 000 | 25 000 | 485 034 |
| 2005 | 57.609.117 | 75 000 | 75 000 | 5 271 000 |
| 2010 | 59.525.072 | 200 000 | 1 567 003 | 21 746 000 |

Generell ist bei Fernsehern festzustellen, dass durch die produktionstechnische Entwicklung die Preise für „High end“-Ausstattungsmerkmale weiter sinken werden. Technisch anspruchsvolle Geräte erlangen dadurch einen höheren Marktanteil. Dies betrifft vor allem Geräte mit (a) einem größeren Bildschirm z. B. im Format 16:9, (b) höherer Bildfrequenz (100 Hz) und (c) einer höheren Audioleistung mit Stereoqualität. Mit dieser Entwicklung ist auch ein größerer Strombedarf verbunden (vgl. Kapitel 4).

3.1.3 Videorekorder und Kameras

Videorekorder/DVD-Spieler

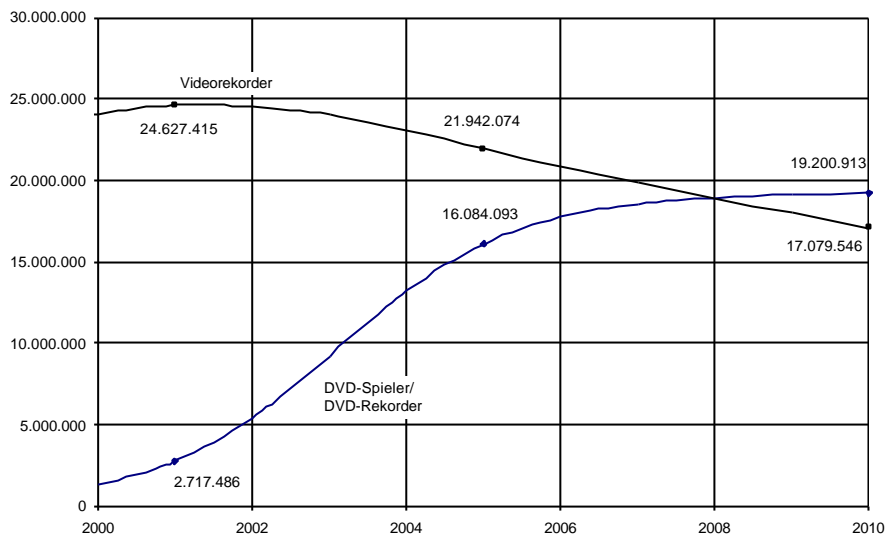
Neben dem *Hören und Sehen* besteht in der *Aufzeichnung und Archivierung* von audiovisuellen Medien eine zweite Grundfunktion der Unterhaltungselektronik in privaten Haushalten. Der *Videorekorder* ist für diese Funktion das wichtigste Gerät und hat in den vergangenen Jahren bei kontinuierlich sinkenden Endgerätepreisen eine stark angestiegene, hohe Verbreitung in den Haushalten erreicht. Im Jahr 2001 waren etwa 64 % aller Haushalte im Besitz eines Videorekorders. Dieser Quote entspricht eine Stückzahl von 23,9 Mio. Videorekordern.

Es wird erwartet, dass der Anteil der Haushalte, die über ein Gerät zur Aufzeichnung und Wiedergabe audiovisueller Medien verfügen, bis zum Jahr 2010 leicht bis auf 70 % bzw. 26,7 Mio. Geräte ansteigen wird.

Dieser Anstieg wird allerdings nicht allein durch die Anschaffung von Videorekordern, sondern in verstärktem Maße durch *DVD-Spieler* und –Rekorder gekennzeichnet sein. Momentan stellen DVD-Geräte eher eine Erweiterung als einen Ersatz für den Videorekorder dar. Der Grund hierfür liegt in den noch hohen Preisen für DVD-Aufnahmegeräte. Aber schon heute ist zu beobachten, dass im DVD-Bereich die Preise rasch sinken werden, ein Trend, der in der Vergangenheit bereits bei vielen anderen Produkten der Konsumelektronik festgestellt werden konnte.

Doch selbst wenn das Preisniveau der DVD höher als bei herkömmlichen Aufzeichnungsgeräten bleiben wird, ist davon auszugehen, dass es wegen der inhärenten Vorteile der DVD zu einem massenhaften Ersatz von Videorekordern durch DVD-Geräte kommen wird. Branchenkenner gehen davon aus, dass im Zuge dieser Entwicklung schon in wenigen Jahren die Gerätepreise unter eine für viele Haushalte kritische Preisschwelle fallen werden und damit eine verstärkte Nachfrage hervorrufen wird. Gleichwohl ist auch unter diesen Bedingungen eine völlige Substitution des Videobandes durch die DVD wenig wahrscheinlich. In Haushalten mit teuren Zusatzgeräten, einer (analogen) Videokamera und einem größeren Bestand an Videofilmen wird man sich kurzfristig nicht von diesen trennen. Ähnliche Komplementäreffekte waren schon bei der Ablösung der Schallplatte durch die CD zu beobachten, die etwa 10 Jahre dauerte und bis heute zu keiner vollständigen Substitution führte.

Abbildung 3.1-4: Entwicklung der Zahl der DVD-Geräte und Videorekorder bis 2010



Quelle: Media Analyse, Büllingen/Stamm 2001, eigene Berechnungen

Für diese Studie wurde angenommen, dass sich die Ausstattung der Haushalte mit DVD-Geräten von heute 7 % auf 50 % im Jahr 2010 vergrößern wird. Dies bedeutet, dass 2010 insgesamt 19,2 Mio. DVD-Geräte installiert sein werden.

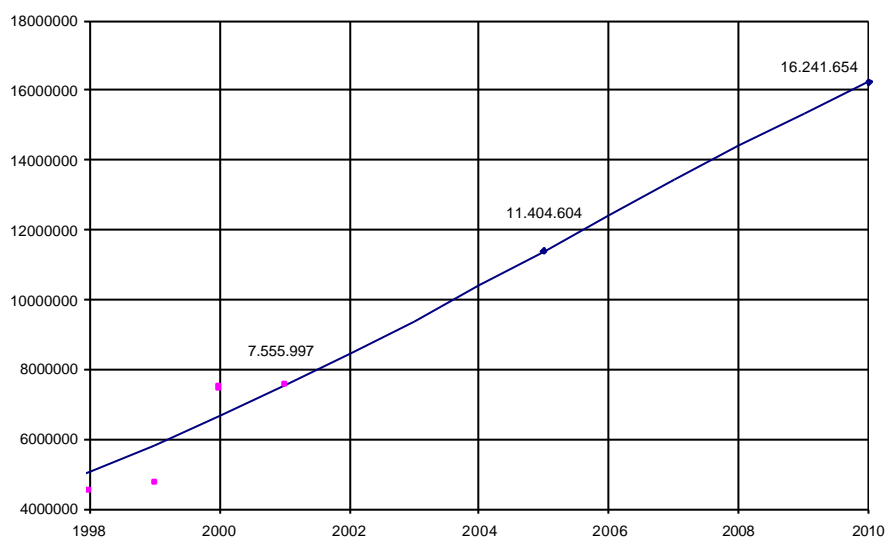
Ferner wurde vorausgesetzt, dass sich der Anteil der durch die DVD vollständig ersetzten Videorekorder linear auf 50 % im Jahr 2010 erhöhen wird. Damit ergibt sich für die Entwicklung der in privaten Haushalten installierten Videorekorder und DVD-Geräte die in Abbildung 3.1-4 darstellte Entwicklung.

Videokamera/Camcorder

Mit sinkenden Preisen sind in den vergangenen Jahren auch *Videokameras* bzw. *Camcorder* in deutschen Haushalten immer populärer geworden. Sie haben nicht nur den traditionellen Super-8-Schmalfilm abgelöst, sondern auch neue Nutzergruppen erreicht. Die Videokamera hat zwar noch nicht den Stellenwert der Kleinbildkamera erreicht, wird aber von breiten Schichten für Videos aus dem Urlaub und von Familienfesten genutzt. In den letzten Jahren sind besonders technikaffine Videoamateure auf digitale Aufzeichnungstechniken übergewechselt. Die digitale Videotechnik aber stellt im Vergleich zur analogen Technik deutlich höhere Anforderungen an das ergänzende Equipment (leistungsfähiger PC mit großer Festplatte und Schnittsoftware) und ist deswegen mit deutlich höheren Kosten verbunden, die einer breiten Diffusion (noch) entgegen steht.

Durch die sinkenden Preise für herkömmliche analoge Videokameras und die zusätzlichen Möglichkeiten der digitalen Videoaufzeichnung, -bearbeitung und -archivierung ist auch in den kommenden 8 Jahren mit weiterhin deutlich wachsenden Gerätezahlen zu rechnen. So wurde angenommen, dass sich die Haushaltsausstattung mit einer Videokamera langfristig bis auf 60 % erhöhen kann. Da es sich aber um keinen außergewöhnlich dynamischen Markt handelt, wurde davon ausgegangen, dass sich die Haushaltsausstattung von heute 19,8 % bis zum Jahr 2005 auf 29,8 % und bis 2010 auf mehr als 42 % ausweitet. Dies bedeutet, dass sich der Bestand von heute 7,5 Mio. auf 11,4 Mio. (2005) bzw. 16,2 Mio. Geräte erhöhen wird.

Abbildung 3.1-5: Entwicklung der Zahl der Videokameras/Camcorder bis 2010



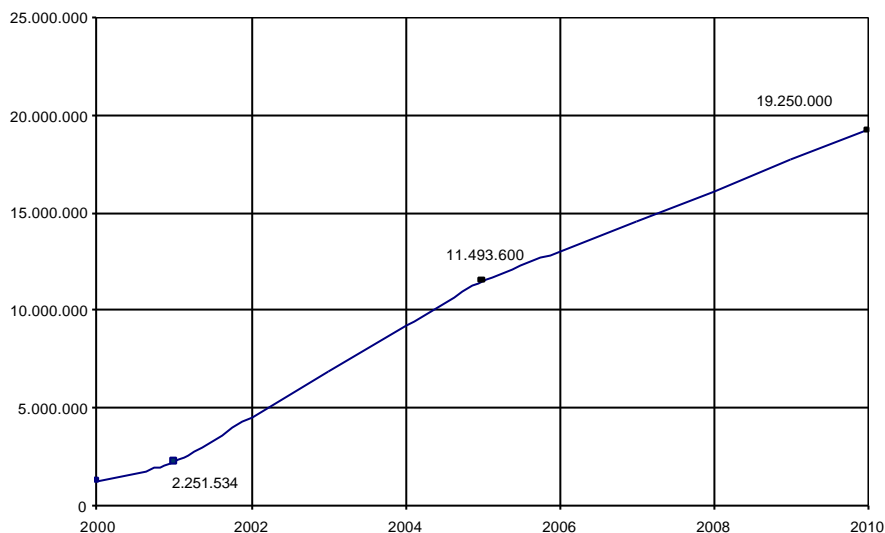
Quelle: Media Analyse, eigene Berechnungen

Digitalfotokamera

Die ersten digitalen Fotokameras kamen bereits 1991 auf den Markt. Sie besaßen allerdings bis Ende der 90er Jahre eine vergleichsweise geringe Auflösung bei gleichzeitig hohen Preisen. Zu einem Konsumartikel haben sich digitale Fotokameras etwa seit 1999/2000 entwickelt. Seither hat sich der Absatz von Digitalkameras an private Haushalte stark erhöht. Sie lösen dort zwar nicht die Spiegelreflexkameras und hochwertigen Kleinbildsucherkameras ab, nehmen aber immer mehr die Rolle der Sofortbild-, Pocket- und einfachen Sucherkameras für Schnappschüsse ein. Der Gerätebestand an Digitalkameras lässt sich in Analogie zu diesen drei Kamertypen abschätzen, da es nach Einschätzung des Arbeitskreises „Digitale Fotografie“ noch mindestens bis zum Jahr 2015 dauern wird, bis die Digitalfotografie qualitativ an herkömmliche Kleinbilddfilme heranreicht. Im Rahmen dieser Studie wurde deshalb davon ausgegangen, dass sich der Bestand an Digitalkameras von

2,3 Mio. im Jahr 2001 auf 19,3 Mio. im Jahr 2010 Jahr erhöhen wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der im Rahmen dieser Studie unberücksichtigte Bestand an herkömmlichen Kameras zurückgehen wird, wengleich nicht von einer vollständigen Substitution ausgegangen werden kann.

Abbildung 3.1-6: Entwicklung der Zahl der digitalen Fotokameras bis 2010



Quelle: TdWi, Bundesverband Technik des Einzelhandels, Bundesverband des deutschen Foto-Fachhandels, Arbeitskreis digitale Fotografie, eigene Berechnung

3.1.4 Sonstige Unterhaltungselektronik

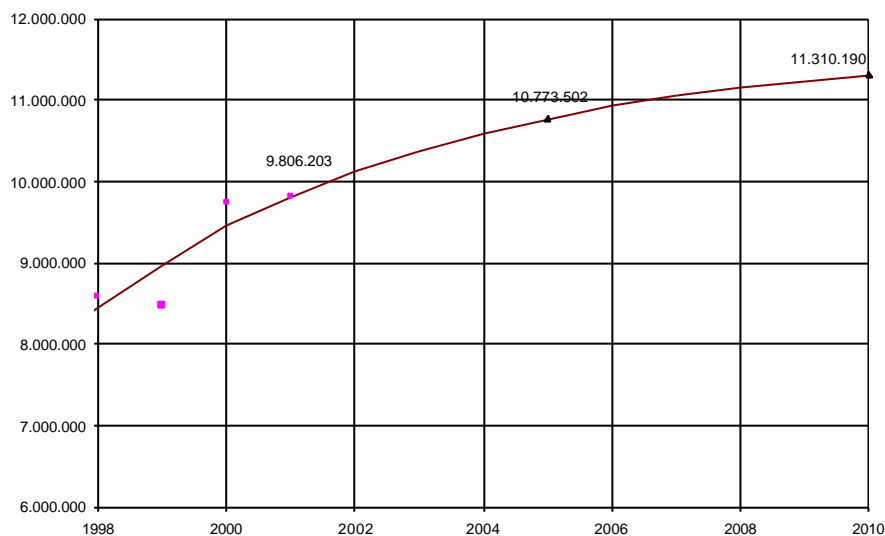
Video-Spielkonsole

Auch die Zahl der *Spielkonsolen* hat in den vergangenen 10 Jahren deutlich zugenommen, zeigt mittlerweile aber starke Sättigungserscheinungen. Dafür gibt es verschiedene Gründe. Seitdem PCs auch in privaten Haushalten eine starke Verbreitung gefunden haben, wird für das Spielen am Bildschirm auch zunehmend der Computer genutzt. Tatsächlich wird insbesondere der Absatz von Personal Computern der oberen Leistungsklasse in den letzten Jahren vorwiegend durch hohe Anforderungen in Bezug auf Grafik und Rechenleistung von Spiel-Softwareprogrammen getrieben. Dieser Trend wird sich in den kommenden Jahren fortsetzen. Hinzu kommt für die Jahre bis 2010 die demographische Entwicklung als wesentlicher Faktor: Spielkonsolen sind insbesondere in Haushalten mit 3 und mehr Personen (also Haushalte mit minderjährigen Kindern) überproportional verbreitet, während der Zuwachs der Haushalte insgesamt vor allem auf die Einpersonenhaushalte

von Singles und älteren Personen zurückzuführen sind. Dass es dennoch nicht zu einer Abnahme der Gerätebasis kommt, hat unter anderem damit zu tun, dass Computerspiele auch für viele junge Erwachsene eine attraktive Freizeitbeschäftigung darstellen.

Aus diesen Gründen wurde davon ausgegangen, dass die Haushaltsausstattung mit Spielkonsolen von heute 25 % leicht auf 30 % im Jahr 2010 ansteigen wird. Damit nimmt die Anzahl der installierten Geräte von heute 9,8 Mio. auf 10,7 Mio. (2005) bzw. 11,3 Mio. (2010) zu.

Abbildung 3.1-7: Entwicklung der Zahl der Spielkonsolen bis 2010



Quelle: ACTA, eigene Berechnungen

3.1.5 Festnetztelefon

Bei Festnetztelefonen wurde in Deutschland bereits vor einigen Jahren eine Vollausstattung erreicht: mehr als 95 % aller Haushalte besitzen einen mit dem Festnetz verbundenen Telefonapparat. Dennoch hat die Veränderung des Endgerätebestandes gerade erst begonnen. Während bis vor kurzem immer noch mehr als die Hälfte aller Haushalte mit einem einfachen Telefon ohne Zusatzfunktionen ausgestattet war, sind insbesondere auch unter dem Einfluss digitaler Netztechniken und einer zunehmenden Zahl von ISDN-Anschlüssen immer mehr sogenannte „Komforttelefone“ im Einsatz, die mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet sind.

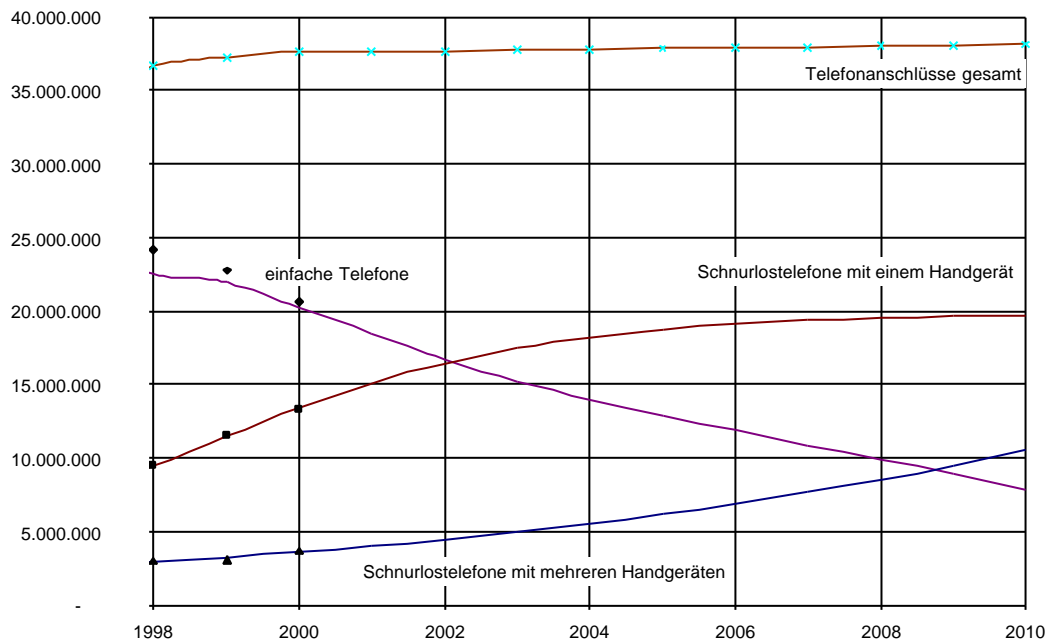
Ein Großteil dieser Telefongeräte sind darüber hinaus Schnurlostelefone, bestehen also aus einer Basisstation mit einem oder mehreren Handgeräten. Die Zahl der

Schnurlostelefone mit einem Handgerät hat in den vergangenen Jahren bereits stark zugenommen und stabilisiert sich momentan auf hohem Niveau. Es wird angenommen, dass sich die Anzahl solcher Telefone von heute 15,1 Mio. auf 18,7 Mio. im Jahr 2005 und 19,7 Mio. im Jahr 2010 erhöhen wird.

Darüber hinaus bieten Schnurlostelefone eine einfache Möglichkeit zum Aufbau einer hausinternen Telefonanlage. Solche Telefonanlagen waren bei konventioneller Technik mit der Verlegung zusätzlicher Leitungen und Installation einer hausinternen Vermittlung verbunden. Sie fanden wegen des hohen Aufwands kaum Verbreitung. Neue Telefonsysteme mit einer Basisstation und zwei oder mehr Handgeräten haben nun hohe Wachstumsquoten erreicht und deren Verbreitung wird auch in den kommenden Jahren weiterhin stark zunehmen: Die Zahl der Geräte wird von etwa 4 Mio. (2001) auf rund 6,2 Mio. im Jahr 2005 und auf 10,5 Mio. im Jahr 2010 anwachsen.

Die Zunahme der vorgenannten Gerätetypen geht zu Lasten einfacher Telefone, deren Zahl somit von 18,5 Mio. (2001) auf 12,9 Mio. (2005) bzw. 7,8 Mio. (2010) zurückgeht.

Abbildung 3.1-8: Entwicklung der Zahl der Telefonanschlüsse und Telefone bis 2010

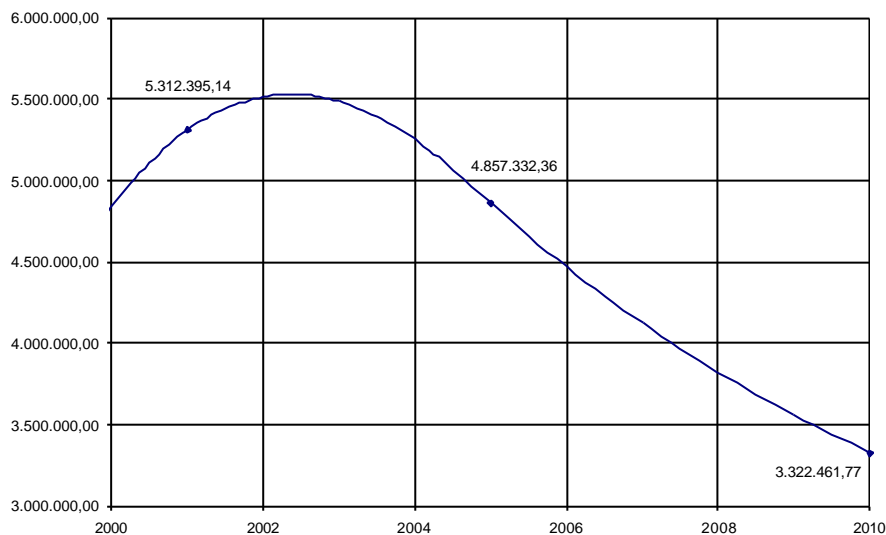


Quelle: ACTA, Media Analyse, eigene Berechnungen

Faxgerät

Dem Bestand an *Faxgeräten* im privaten Haushalt ist auf Grund zunehmender Internet-Verbreitung eine stark rückläufige Entwicklung zu prognostizieren. Darüber hinaus zeichnet sich ein Trend zu Multifunktionsgeräten ab, die nicht mehr als Faxgerät, sondern als Drucker vermarktet werden (Kolo et al. 2000). Weiter kann auch in der zunehmenden Verbreitung des Handys sowie im Aufkommen des Unified Messaging ein Markthemmnis für Faxgeräte gesehen werden. Nähere Ausführungen zur Substitution des Faxgeräts durch konkurrierende Technologien sind Kapitel 4.6 zu entnehmen.

Abbildung 3.1-9: Entwicklung der Zahl der Faxgeräte bis 2010

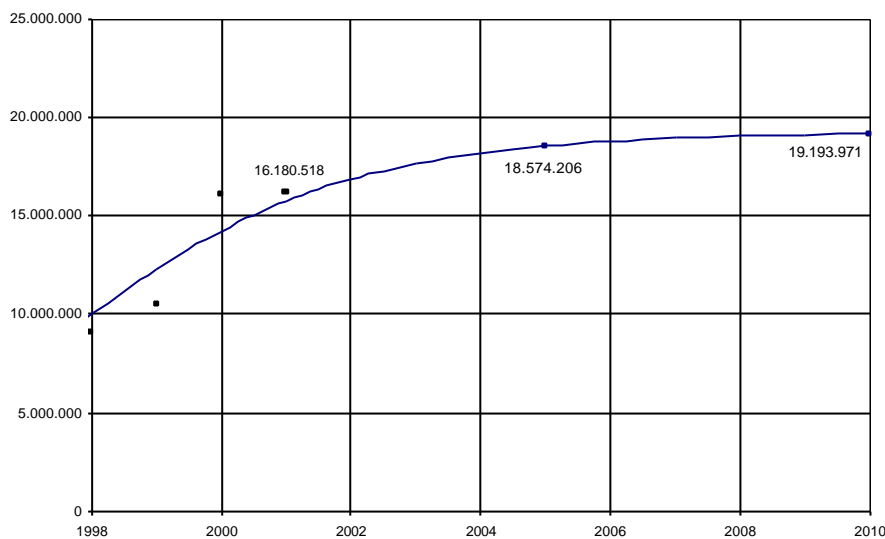


Quelle: Kolo et al. 2000, Fortschreibung

Anrufbeantworter

Die bisher genannten Geräte bzw. Dienste stehen ebenfalls einer verstärkten Ausbreitung des *Anrufbeantworters* entgegen. Andererseits sind diese mittlerweile derart preiswert in ein Multifunktionsgerät integriert, dass von der Kostenseite her gesehen kein Grund für einen Verzicht auf diese Gerätefunktion besteht. Entsprechend ist von einer weiteren Wachstumsentwicklung bei Anrufbeantwortern auszugehen.

Abbildung 3.1-10: Entwicklung der Zahl der Anrufbeantworter bis 2010



Quelle: ACTA, eigene Berechnungen

3.1.6 Mobiles Telefon

Zwischen 1990 und 1999 stieg die Zahl der Mobilfunkteilnehmer¹⁵ von 0,27 Mio. auf 23,5 Mio. (OECD 2001). Die Entwicklung der Teilnehmerzahl zwischen 2000 und 2010 wurde in Anlehnung an eine Studie von JP Morgan (2000) geschätzt, die für 2010 eine Penetrationsrate von ca. 85 % angenommen hat. Bei geschätzten 82,5 Mio. Einwohnern entspricht das 70,1 Mio. Mobilfunkteilnehmern im Jahr 2010. Die Werte dazwischen nähern sich asymptotisch den Teilnehmerzahlen im Jahr 2010 an (Abbildung 3.1-11).

Diese Abschätzung erscheint aus heutiger Sicht plausibel, obwohl Aussagen zu Teilnehmerentwicklungen in Mobilfunknetzen grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet sind. So gibt NFO Infratest (2001) für das Jahr 2000 eine Teilnehmerzahl von 48,1 Mio. und für 2001 von 65,9 Mio. an, was 80 % der Bevölkerung entspricht¹⁶. Für 2003 wird mit 102 Mobiltelefonen auf 100 Einwohner gerechnet. Die sehr hohen Teilnehmerzahlen entsprechen aber nicht unbedingt den tatsächlichen

¹⁵ Darin enthalten sind auch die Teilnehmer des C-Netzes, die hier aber auf Grund ihrer geringen Anzahl - 1990 waren es ca. 270 000, mit stark abnehmender Tendenz in den Folgejahren - zu den GSM-Teilnehmern gezählt werden.

¹⁶ Die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTp) nimmt in ihrem Tätigkeitsbericht 2000/2001 für Ende 2001 eine Zahl von 60 Mio. Mobilfunkteilnehmern an. Das entspricht einer Abweichung von knapp 10 % gegenüber den von NFO Infratest geschätzten Zahlen (RegTP 2001a).

Mobilfunknutzern. Auf Grund der in den letzten 3 Jahren extrem günstig angebotenen Mobiltelefone in Verbindung mit einer Prepaid-Karte¹⁷, scheint der Trend zum Zweit- oder Dritt-Handy zu gehen (Plica 2001). Die Folge sind zahlreiche nicht genutzte Telefone und Mobilfunkanschlüsse, die aber trotzdem in den Statistiken aufgeführt sind. Dies bestätigt der gesunkene Umsatz bezogen auf die Teilnehmerzahl (RegTp 2001b). Da aber davon auszugehen ist, dass die allermeisten Mobilfunknutzer nur ein Telefon in Betrieb haben, kann nicht aus der Zahl der registrierten Mobilfunkkunden auf die Menge der tatsächlichen Nutzer geschlossen werden¹⁸. Darum wurden die Teilnehmerzahlen ab 1999 nicht von NFO Infratest übernommen, sondern wie oben beschrieben abgeschätzt.

UMTS-Geräte

Trotz „babylonischer Verwirrung“ über die Zukunft von UMTS (DER SPIEGEL 2001) wird für 2003 mit der kommerziellen Inbetriebnahme der ersten UMTS-Basisstationen gerechnet. Die hier unterstellte Entwicklung der Zahl von UMTS-Teilnehmern ist von Büllingen/Stamm (2001) übernommen, da diese Zahlen noch am ehesten realistisch erscheinen, auch wenn sie als optimistisch zu betrachten sind (Abbildung 3.1-11).

NFO Infratest (2001) geht von noch optimistischeren Kundenzahlen von UMTS-Nutzern aus. Hier wird angenommen, dass im Jahr 2010 ca. 70 % der deutschen Bevölkerung den neuen Standard nutzen. Das sind über 60 % mehr Teilnehmer, als von Büllingen/Stamm prognostiziert.

Es kann davon ausgegangen werden, dass ein UMTS-Mobiltelefon ein GSM-Gerät substituiert. Die Handys der dritten Mobilfunkgeneration (3G) werden sogenannte Dualmode Geräte sein, die sowohl UMTS als auch GSM und GPRS unterstützen (Connect 2001). Viag Interkom schreibt in seinem Leitfaden für Telekommunikation 2001, dass auch Handover, also die Übergabe eines Gesprächs von einer Funkzelle zur nächsten, zwischen dem GSM- und UMTS-Netz möglich sein werden, was alle im Rahmen dieser Untersuchung befragten Mobilfunkexperten bestätigten (VIAG Interkom 2001). Bis Mitte des Jahrzehnts wird darüber hinaus auch der Durchbruch des „Software Defined Radio“ erwartet, bei der die Einführung neuer Mobilfunkstandards nicht mehr die Anschaffung eines neuen Endgeräts erforderlich macht. Stattdessen soll auf eine weitgehend standardisierte Hardware einfach eine

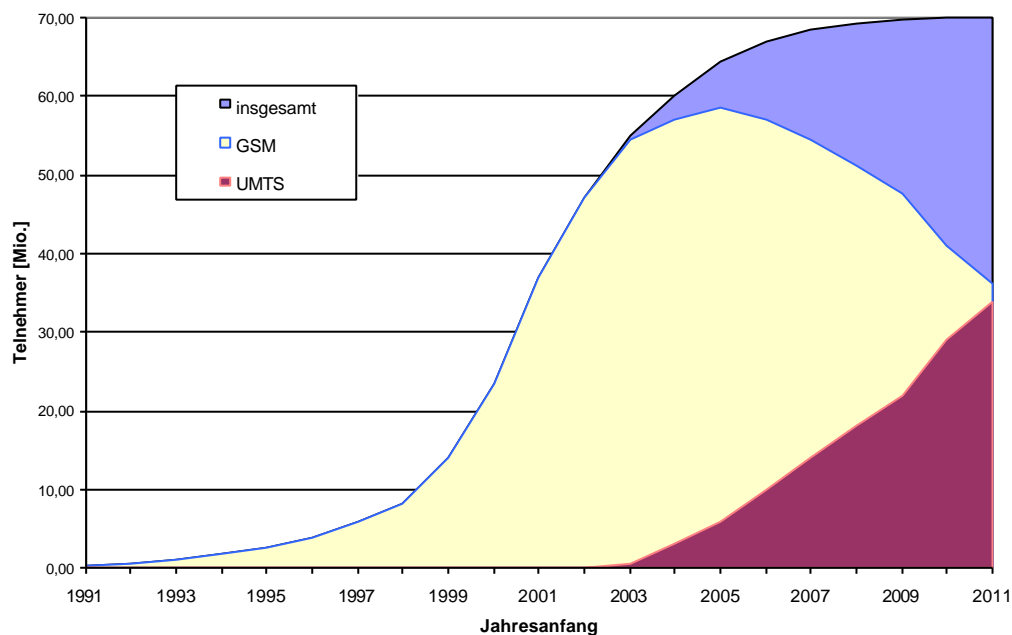
¹⁷ Zugang zum Mobilfunknetz ohne vertragliche Bindung und ohne monatliche Grundgebühr.

¹⁸ Prognos/EWI (1999) unterscheidet in einer Untersuchung zur Entwicklung der Energiemärkte zwischen verbrauchsrelevanten und nicht verbrauchsrelevanten Mehrfachausstattungen von Elektrogeräten. Auf den Mobilfunk übertragen bedeutet dies, dass Zweitgeräte dann nicht berücksichtigt werden, wenn sie nicht verbrauchsrelevant sind: Auch wenn ein Mobilfunkteilnehmer über zwei oder drei Handys verfügt, wird deshalb im Allgemeinen nicht doppelt oder dreifach so viel telefoniert.

neue Software installiert werden. Dies wird voraussichtlich die Nutzungsakzeptanz neuer Mobilfunkdienste bei den Endkunden erhöhen. Abbildung 3.1-11 stellt für die Jahre 2001 bis 2010 die Anteile zwischen GSM- und UMTS-Geräten dar.

Unabhängig vom langwierigen Aufbau der UMTS-Netzinfrastruktur haben die Anbieter von Mobiltelefonen bereits Ende 2002 Endgeräte mit UMTS-ähnlichen Leistungsmerkmalen auf den Markt gebracht (Multimedia Messaging Service, MMS), die im Weihnachtsgeschäft 2002 überraschend stark nachgefragt wurden. Dies kann als Indikator dafür gelten, dass die Durchsetzung und Erprobung multimedia-basierter Mobilfunkanwendungen in gewissem Masse unabhängig vom UMTS-Netzaufbau stattfindet. Es ist auch anzunehmen, dass eine frühzeitige Nutzung solcher Endgeräte dazu führt, dass UMTS-Angebote bei den Konsumenten eventuell doch stärker nachgefragt werden als heute gelegentlich befürchtet wird.

Abbildung 3.1-11: Entwicklung und Prognose der Anzahl der Mobilfunkteilnehmer



3.1.7 Personal Computer

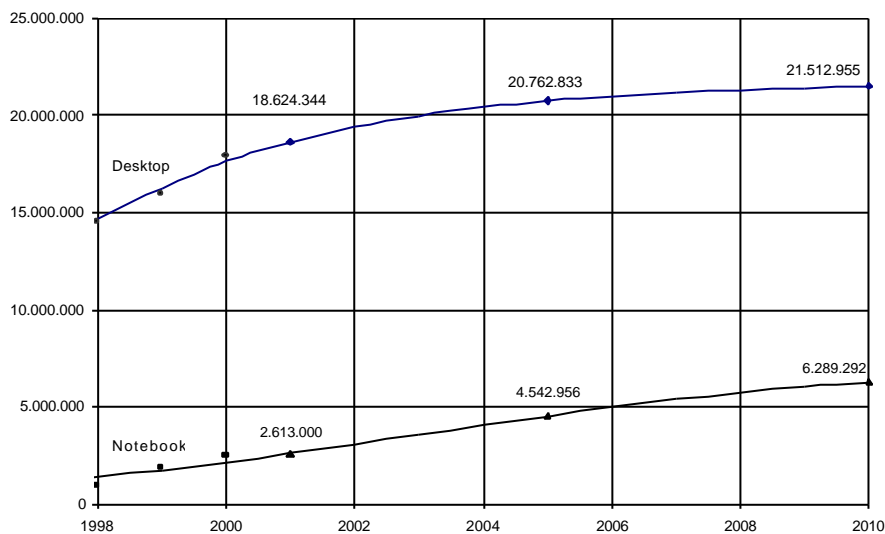
Desktop/Notebook

Deutschland liegt mit 33 PCs pro 100 Einwohner international im Mittelfeld bei der PC-Verbreitung und damit weit hinter den USA mit 82 PCs pro 100 Einwohner und Schweden mit 54 PCs pro 100 Einwohner (Bitkom 2002). Dies ist gleichbedeutend mit einer Haushaltsausstattung von 46,2 % (2001). Bei der Ausstattung mit Personal Computern hat Deutschland allerdings in den vergangenen Jahren stark aufgeholt,

und auch in den kommenden Jahren wird in Haushalten mit weiterem Wachstum gerechnet, insbesondere im Segment der Notebook-Computer.

Für diese Studie wurde angenommen, dass erst zum Ende des betrachteten Zeitraums eine Sättigung bei den in Haushalten installierten PCs zu beobachten sein wird und dass bis zu diesem Zeitpunkt 75 % aller Haushalte im Besitz eines Computers sein werden. Dies bedeutet, dass die Zahl der PCs von heute 21,2 Mio. auf 27,8 Mio. im Jahr 2010 anwachsen wird. Innerhalb dieses Zeitraums wird sich aber auch die Zusammensetzung dieses Gerätebestandes verändern. Während heute erst jeder neunte Computer ein Notebook ist, wird es 2010 bereits jeder Vierte sein (vgl. auch EITO 2002). Unter diesen Gegebenheiten wird sich die Zahl der Desktop-Computer von heute 18,6 Mio. bis zum Jahr 2005 auf 20,7 Mio. und bis 2010 auf 21,5 Mio. erhöhen. Bei den tragbaren Geräten wird die installierte Gerätebasis von 2,6 Mio. Notebooks auf 4,5 Mio. im Jahr 2005 bzw. 6,3 Mio. im Jahr 2010 anwachsen (Abbildung 3.1-12).

Abbildung 3.1-12: Entwicklung der Zahl der Desktop- und Notebook-Computer bis 2010



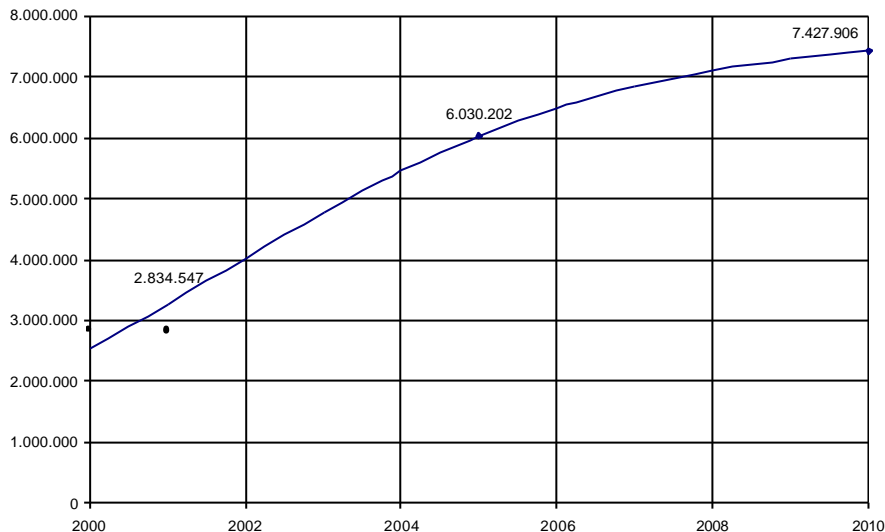
Quelle: ACTA, Büllingen/Stamm 2001, eigene Berechnungen

PDA (Personal Digital Assistant)

Ein vielfältig zu beobachtender Trend zur mobilen IT- und Telekommunikationsunterstützung kann an der wachsenden Zahl von PDAs nachvollzogen werden. Diese bieten längst nicht nur Notizbuchfunktion oder Kalendarium, sondern entwickeln sich zu einem Endgerät für Kommunikation (Handy, auch E-Mail), Freizeit (z. B.

Spiele, elektronische Zeitung und Buch) und Urlaub (z. B. Navigation, Wörterbuch). Auf Prognosen gestützte Berechnungen lassen für die Jahre 2005 bzw. 2010 eine Verbreitung von 6 Mio. bzw. 7,5 Mio. Geräten erwarten (2001: rund 2,8 Mio.).

Abbildung 3.1-13: Entwicklung der Zahl der PDAs bis 2010



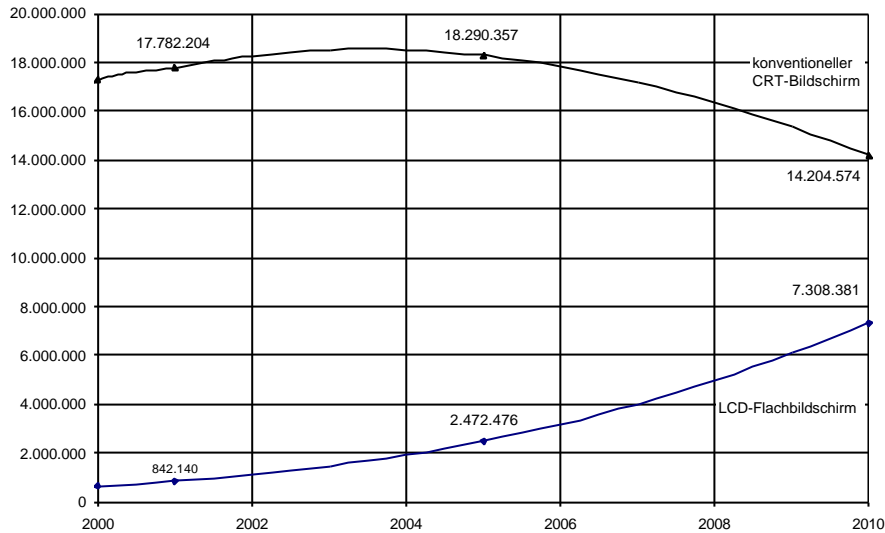
Quelle: ACTA, Büllingen/Stamm 2001, eigene Berechnungen

3.1.8 Monitor

Die Gesamtzahl der Computermonitore nimmt parallel zur Zahl der Desktop-PCs zu. Die Zahl der Monitore nimmt dementsprechend von 18,6 Mio. (2001) auf 20,7 Mio. (2005) bzw. 21,5 Mio. (2010) zu. Im Betrachtungszeitraum bis zum Jahre 2010 werden die heute noch üblichen Kathodenstrahl-Monitore (Cathode Ray Tube, CRT) sukzessive durch die flacheren LCD-Displays ersetzt. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass sich LCD-Monitore in den privaten Haushalten nicht so schnell durchsetzen werden wie im Büroumfeld (s. u.). Dies hat einerseits seinen Grund in den vergleichsweise niedrigen Preisen von CRT-Monitoren und weiteren Produktverbesserungen, die die technischen Leistungsmerkmale der Kathodenstrahlgeräte erhöhen. Auf diese Weise bleiben diese Monitore insbesondere im unteren Preissegment wettbewerbsfähig und marktdominant. So wird bis zum Jahr 2010 erst jeder dritte Computer mit einem LCD-Monitor ausgerüstet sein. Dies bedeutet, dass die Zahl der CRT-Monitore von 17,7 Mio. (2001) auf 18,3 Mio. im Jahr 2005 leicht ansteigen wird. Danach wird eine rückläufige Entwicklung einsetzen, in deren Zuge der Marktanteil dieses Monitortyps bis zum Jahr 2010 auf einen Gerätebestand von 14,2 Mio. schrumpfen wird. Die Zahl der LCD-Monitore wird sich hingegen von

knapp 0,8 Mio. (2001) auf 2,4 Mio. (2005) bzw. 7,3 Mio. (2010) vervielfachen (Abbildung 3.1-14).

Abbildung 3.1-14: Entwicklung der Zahl der Computer-Monitore bis 2010



Quelle: ACTA, eigene Berechnungen

3.1.9 Drucker

Ein Drucker gehört, bei mittlerweile geringen Preisen, zur weitgehend üblichen Standardausstattung eines deutschen PC-Haushalts. Insofern wurde davon ausgegangen, dass sich die Zahl der installierten Drucker proportional zur Zahl der PCs entwickelt. Dabei wurde jedoch berücksichtigt, dass eine Minderheit keinen Bedarf an einem Drucker hat, sei es, weil sie eine anderweitige Möglichkeit zum Drucken besitzen (z. B. an der Arbeitsstätte) oder den PC üblicherweise mobil betreiben. Es wurde angenommen, dass 95 % der Computerbesitzer einen Drucker besitzen. Ausgehend von 20,2 Mio. installierten Druckern (2001) errechnet sich auf dieser Grundlage eine steigende Stückzahl von 24 Mio. (2005) bzw. 26,4 Mio. (2010).

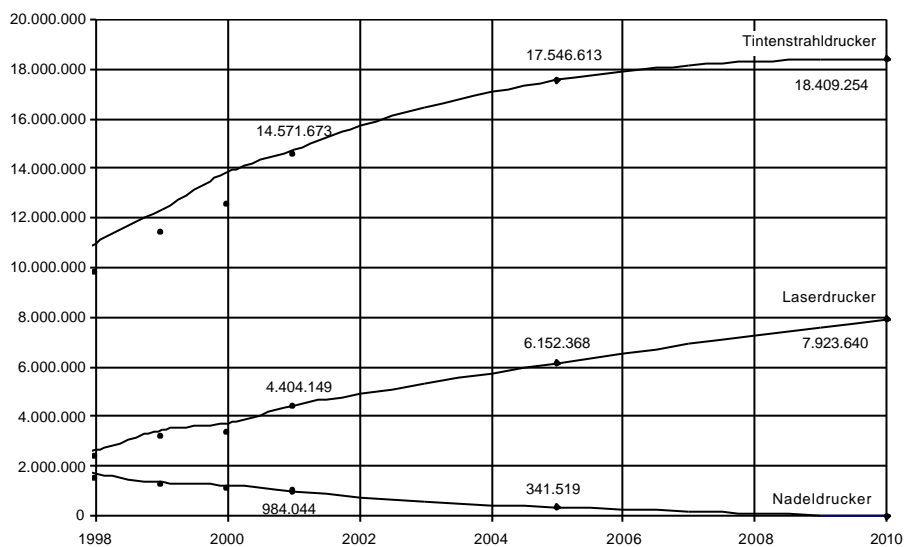
Auch bei den Druckern wird während des betrachteten Zeitraums ein Trade-off der verschiedenen Drucktechnologien stattfinden.

Die größten Marktanteile haben heute Tintenstrahldrucker, sie sind – zumindest in den Anschaffungskosten – ausgesprochen preiswert und bieten dabei die Möglichkeit des farbigen Ausdrucks. Mit Toner arbeitende Drucker (Laserdrucker) werden bereits seit einigen Jahren für den Konsumbereich angeboten, sind allerdings teurer als Tintenstrahlgeräte und können nur in Schwarzweiß drucken. Farbige Laser-

drucker sind heute noch sehr teuer, die Preise werden zwar sinken, es ist aber nicht davon auszugehen, dass Farblaserdrucker bis 2010 in deutschen Haushalten in nennenswertem Umfang installiert sein werden. Die heute noch in geringem Masse vorhandenen Nadeldrucker werden bis 2010 aus den deutschen Haushalten verschwunden sein.

Für diese Studie wird deshalb angenommen, dass die Zahl der Tintenstrahldrucker von 14,6 Mio. im Jahr 2001 bis auf 17,5 Mio. bzw. 18,4 Mio. zunehmen wird. Der Bestand an Laserdruckern wird von 4,4 Mio. (2001) über 6,1 Mio. (2005) auf 7,9 Mio. (2010) anwachsen (Abbildung 3.1-15).

Abbildung 3.1-15: Entwicklung der Zahl der Drucker bis 2010



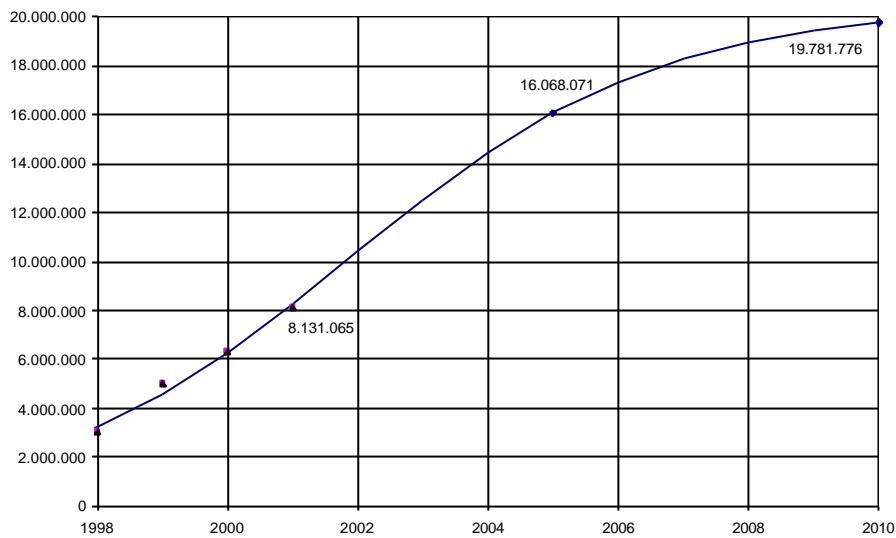
Quelle: ACTA, Media Analyse, Kolo et al. 2001, eigene Berechnungen

3.1.10 Sonstige Datenverarbeitungsgeräte

Scanner

Die einst hochpreisigen Scanner stehen mittlerweile sehr preiswert für unterschiedliche Aufgaben zur Verfügung. Sie kommen dem in privaten Haushalten bestehenden Trend zur Bildverarbeitung entgegen (vgl. hierzu auch Entwicklung der Digitalfotografie). In Verbindung mit einem Internetanschluss können sie auch Ersatz für das Faxgerät genutzt werden (wenngleich umständlich). Andererseits sind Scanner bei weitem nicht so verbreitet wie Drucker, was wohl u. a. auch mit dem Fehlen eines unverzichtbaren Nutzens für *jeden* PC-Nutzer erklärbar ist.

Abbildung 3.1-16: Entwicklung der Zahl der Scanner bis 2010

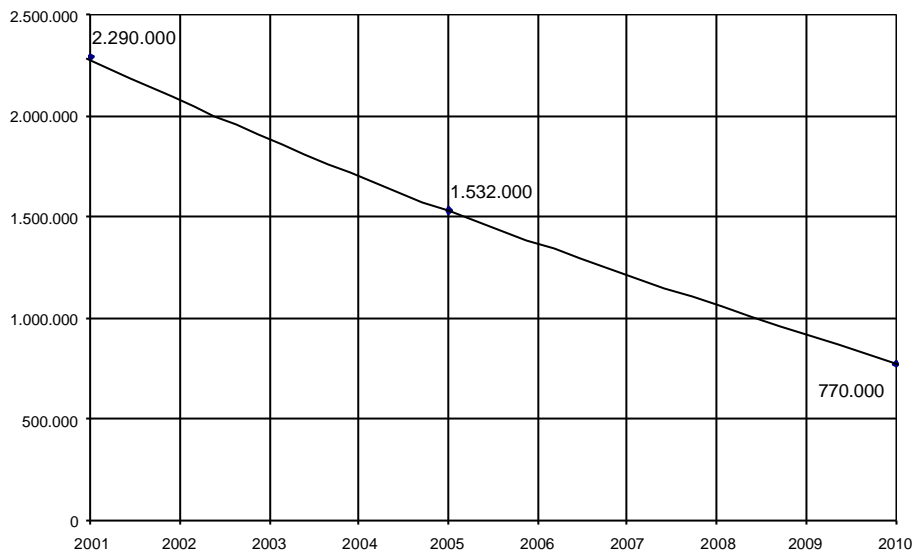


Quelle: ACTA, Büllingen/Stamm 2001, eigene Berechnungen

Fotokopierer (Desktop)

Die Datenlage zum Bestand einfacher Tischkopierer ist dünn. Der Bestand der Fotokopierer in privaten Haushalten basiert auf den Annahmen von Böde et al. 2000a. Ihre Verbreitung wird als gering eingeschätzt, da häufig Computer mit Scannern oder Faxgeräte zur Erstellung von einzelnen Kopien genutzt werden. Für das Jahr 2001 wird von knapp 2,3 Mio. Desktop-Kopierern ausgegangen (vgl. Abbildung 3.1-17). Wegen der Prognose einer steigenden Zahl von Scannern und der damit verbundenen Kopierfunktionalität, wird für die Folgejahre, entgegen der Einschätzung von Böde et al. 2000a, mit einer rückläufigen Tendenz der Desktop-Fotokopierer in privaten Haushalten gerechnet. Dabei bieten heutige Scanner eine bereits praktikable Kopierfunktion, die mittels eines einfachen Knopfdrucks die digitalisierte Vorlage direkt an den Drucker weiterleitet. Für größere Mengen an Kopien werden öffentlich zugängliche Geräte, wie z. B. in Copy-Shops, genutzt.

Abbildung 3.1-17: Entwicklung der Zahl der Fotokopierer (Desktop) bis 2010



Quelle: Böde et al. 2000a, eigene Berechnungen

Aktivboxen (PC)

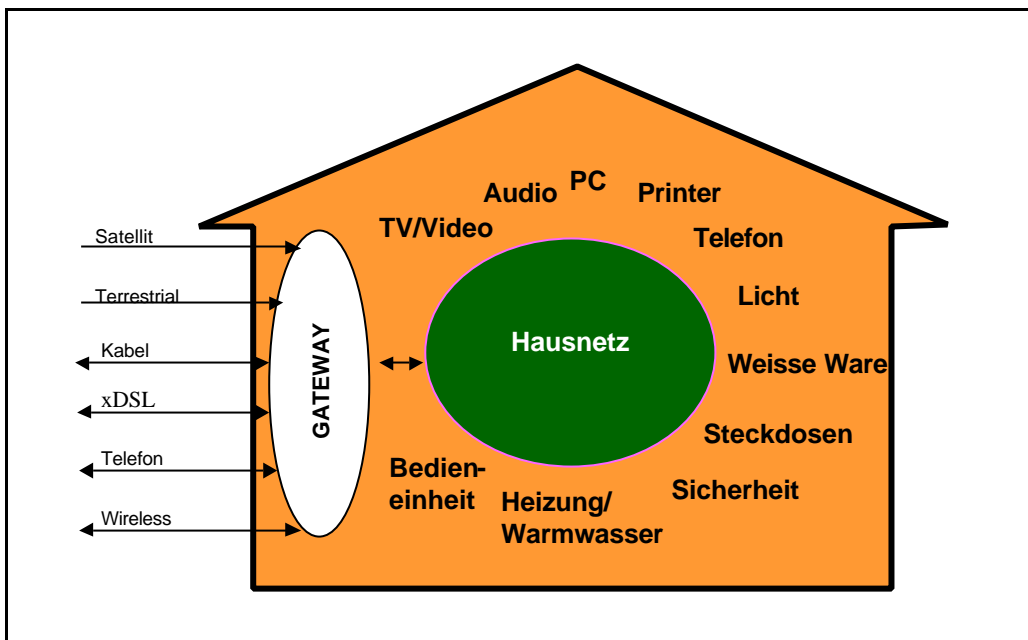
In der Literatur gibt es keine Angaben über den Bestand der Aktivboxen, daher mussten diese Zahlen abgeschätzt werden. Für das Jahr 2001 wird davon ausgegangen, dass 70 % der PC-Nutzer (Desktop) Aktivboxen an ihrem Rechner angeschlossen haben. Für das Jahr 2005 wird, entgegen dem Trend zu multimedialen PC-Anwendungen, von einem leicht sinkenden Bestand dieser externen Geräte ausgegangen. Dies liegt darin begründet, dass die Lautsprecher immer häufiger in den Monitoren integriert sind. Es wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2010 nur noch 60 % der PC-Nutzer in den privaten Haushalten Aktivboxen benutzen.

3.2 Vernetztes Haus

3.2.1 Konvergenz der Netze

Die verschiedenen bereits heute vorhandenen Netze (PC-Netz, Video /Audio-Netz, Haustechnikbus usw.) (Abbildung 3.2-2) werden in Zukunft miteinander vernetzt, damit sie gemeinsam kommunizieren können. In einer ersten Stufe werden die vorhandenen Netze mittels Gateway an das Internet angeschlossen und damit mit der Außenwelt verbunden (Abbildung 3.4-2). Erst später werden die Netze eventuell zu einem einzigen Hausnetz verschmelzen (Abbildung 3.2-1).

Abbildung 3.2-1: Ein einziges Netz im Haus mit Gateway als Schnittstelle zur Außenwelt



Die Bauherren, welche bis jetzt in diese Gesamtvernetzung, auch „Home-Automation“ genannt, investiert haben, sind folgenden Beweggründen gefolgt:

- Begeisterung für Technik,
- Ästhetik (Gestaltung von Lichtwelten in den Wohnräumen),
- Annehmlichkeit wie Komfort, Präsentation von Luxus (Prestige),
- Neue Dienstleistungen wie Überwachung, Kontrolle, Regulierung.

Die Promotoren von „Home-Automation“ gehen auf diese Bedürfnisse ein und versprechen folgende neue Dienstleistungen:

- Erhöhung des Komforts im Bereich Fernbedienung und Überwachung von Licht, Beschattung und Haushaltsgeräten,
- Erhöhung der Sicherheit durch Alarmanlagen und der Fernüberwachung von Haushaltsgeräten,
- Erhöhung der Autonomie für ältere Leute und Behinderte,
- Kostenverminderung durch einfachere Installationen und Mehrfachnutzung von Sensoren,
- rationelle Verwendung von Energie durch Steuerung von Prozessen und Geräten nach Bedarf,
- verbesserte Kommunikation „keeping the family together“,

- Möglichkeit des elektronisches Einkaufen,
- Management der elektrischen Leistung bei beschränkter Versorgungsleistung durch Stromlieferanten.

Gemäß Einschätzung von Experten wird es eine breitere Diffusion erst geben, falls sich dank der Vernetzung eine zusätzliche Annehmlichkeit, ein Gewinn oder Spaß einstellen wird und dies ohne dass die zugrunde liegende Technik wahrgenommen wird. Als Vergleich wird häufig der Automobilbereich angeführt mit den neu eingeführten Systemen wie Leitsysteme auf der Basis GPS, ABS, Airbag usw. Die versprochenen Vorteile finden vor allem Gehör, wo Investor und Nutzer identisch sind (Die Eigentümerquote liegt in Deutschland bei rund 41 % und der Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser liegt bei 44 % (Statistisches Bundesamt 1998)).

Die Einführung und Verbreitung der Vernetzung im Haushalt wird – soweit absehbar - nicht von einem System klar beherrscht werden. Viele Systeme (unterschiedliche Übertragungsmedien und Technologien) und Anwendungen werden parallel nebeneinander existieren, denn die Anforderungen bezüglich der Bandbreite und der Reichweite sind für die verschiedenen Funktionen und Geräte sehr unterschiedlich. So genügt für das Schalten einer Lichtquelle eine sehr kleine Informationsmenge, welche aber über eine relativ große Distanz sicher übertragen werden muss. Bei einer Videoübertragung von der Set-top-Box zum Fernseher ist die notwendige Bandbreite sehr hoch und die Distanz dafür klein. Für die Anwendung dieses oder jenes Systems spielen in diesem Fall die folgenden Aspekte eine wichtige Rolle:

- Technik (benötigte Bandbreite),
- Erstangebot (niedrigste Transaktionskosten),
- Kosten (Ankauf und Installation),
- Mieter- Besitzerverhältnisse (Berechtigung für Installationsänderungen).

Grundsätzlich können alle Geräte im Haushalt vernetzt werden. Die folgenden Funktionen, Bedürfnisse oder Dienste stehen zur Zeit im Vordergrund:

- Multimedia-Dienste: Telefon, Internet, Informatik, TV, Video, Audio,
- Haustechnik: Fernbedienung, Fernwartung und Automation der Systeme für die Grundbedürfnisse Wärme, Licht und Sicherheit. Die Anforderungen an die Bandbreiten und Geschwindigkeiten sind gering,
- Weiße Ware: Fernbedienung, Fernwartung und Dokumentation (Betriebsanleitung).

Der „Druck“ zur Vernetzung ist bei den Multimedia-Diensten am größten. Gemäß übereinstimmender Aussage aller Experten ist das Wachstum der Vernetzung im Haushalt „internet driven“ (erst die Vernetzung nach außen bringt einen für den Großteil der Konsumenten genügend attraktiven Mehrwert). Neben Unterhaltung

und Informationsbeschaffung gewinnen die elektronische Erledigung von alltäglichen Haushaltaktivitäten (E-Commerce) und möglicherweise die beruflichen Aktivitäten (Telearbeit) immer mehr an Bedeutung. Gebäudeleittechnik in den Bereichen Licht und Sicherheit steigt stetig – aber langsam – an. Die Integration der Weißen Ware ist noch Zukunftsmusik.

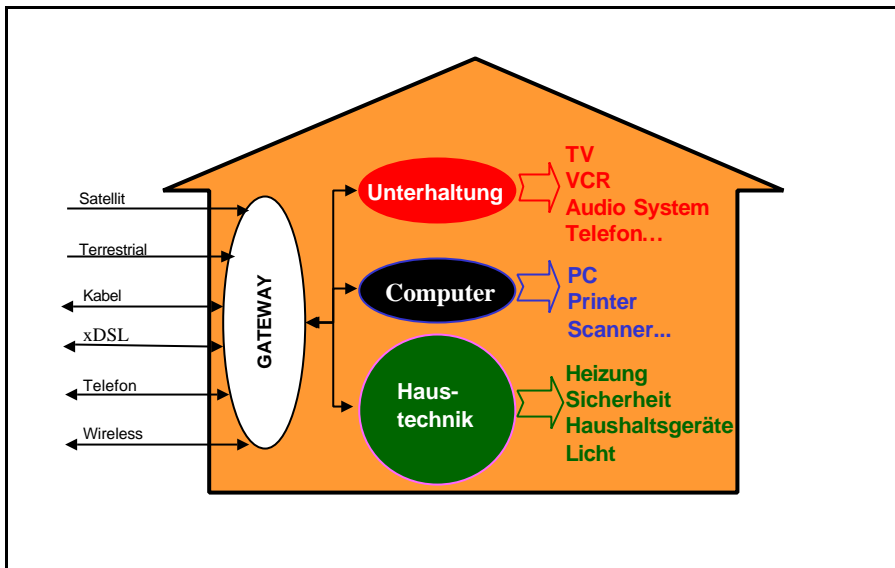
Welches Übertragungsmedium und welche Techniken sich durchsetzen werden, ist offen. Wahrscheinlich werden alle Mittel je nach Anwendungsgebiet noch längere Zeit parallel genutzt.

Der Energiebedarf in einem vernetzten Haus setzt sich zusammen aus dem Bedarf der Haushaltsgeräte und dem Bedarf der Netzinfrastruktur. Zu dieser Netzinfrastruktur gehören:

- Gateway zur Außenwelt,
- Signalübertragungssystem,
- Sensoren/Aktoren.

Als strategisch wichtigste Komponente wird der Gateway (je nach Blickwinkel des Betrachters existieren verschiedene Bezeichnungen: Residential Gateway, Customer Gateway, Service Gateway usw.) zum öffentlichen Netz angesehen (Abbildung 3.2-2). Verschiedene Firmen der Computer- und Netzwerkprodukteindustrie sowie der Telekommunikationsanbieter möchten hier ihre Lösung der zentralen Intelligenz des Hausnetzes ansiedeln. Dementsprechend hat dieses Gerät eine schnelle und breitbandige Datenverarbeitungsleistung.

Abbildung 3.2-2: Verschiedene Netzwerke im Haus mit Gateway als Schnittstelle zur Außenwelt



Ein typischer heute schon eingesetzter Vertreter von Gateways sind die Set-top-Boxen im Bereich Multimedia. Das Thema des Energiebedarfs von breitbandigen Gateways wird beispielhaft im Kapitel 4.2.1 behandelt.

Als Übertragungsmedien kommen verschiedene Mittel in Frage:

- Telefonkabel,
- Twisted pair Cat. 5,
- Koaxkabel,
- Wireless: Funk¹⁹, Infrarot (IrdA),
- Stromnetz (Powerline),
- Lichtwellenleiter.

Die Vernetzung von Haushaltgeräten gelingt nur in der Zusammenarbeit verschiedener Branchen:

- Hersteller von Elektroinstallationskomponenten,
- Hersteller von Haushaltsgeräten,
- Hersteller von Sicherheits- und Gebäudeautomationsanlagen,

¹⁹ Zwei Technologien im Industrial Scientific Medical Band (ISM-Band) im Bereich 2.4 GHz: Bluetooth: Datenrate 2 Mbit/s, Reichweite 10 m; Wireless LAN (WLAN 802.11b): Datenrate 11 Mbit/s, Reichweite 30 – 50 m

- Hersteller von Computern und dazugehöriger Software: Apple, Compaq, IBM, Microsoft usw.,
- Serviceanbieter: Telekommunikation, Kabelfernsehnetsbetreiber, Stromversorgungsunternehmen.

Diese Zusammenarbeit wurde in verschiedenen Pilotprojekten geübt, und so sind in mehreren Ländern Häuser als Demonstrationsobjekte mit den neuesten Techniken vernetzt worden.

Die Komponenten für die Vernetzung im Haushalt müssen für eine größere Marktdurchdringung billig sein und mit vielen anderen Systemen kompatibel sein. Dies ist nur mit weltweiten Standards möglich. Die Hersteller versuchen daher, sich auf solche Standards zu einigen und diese durchzusetzen. Für jede Technologie gibt es heute Organisationen, die sich mit den Standards und deren Verbreitung befassen (z. B. Konnex Association mit den Systemen EHS, EIB und Batibus; ZigBee als low-cost wireless communication standard usw.).

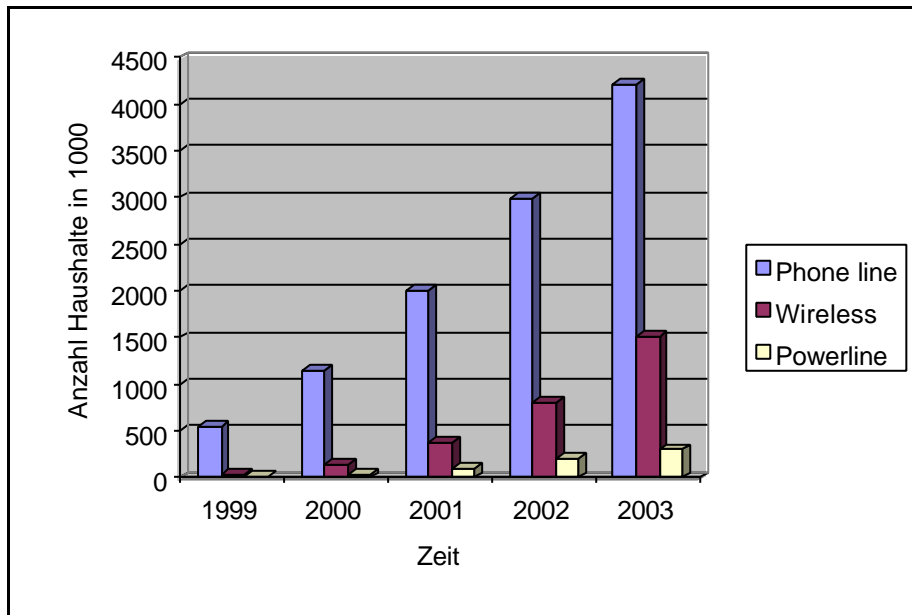
Weil eine Änderung der **Inhouse**-Verkabelung oder eine zusätzliche Verkabelung teuer sind, drängen sich drahtlose Lösungen in den Vordergrund. Wer eine Wohnung oder ein Haus mietet, findet meist nur eine rudimentäre Infrastruktur vor. Die Vernetzung muss daher einfach zu installieren und zu demontieren sein und darf keine nennenswerten Installationskosten verursachen. Dass die Funkübertragung auch in der Gebäudetechnik wichtiger wird, zeigt sich daran, dass beim europäischen Installationsbus (EIB) nach der Kommunikation über 2-Draht-Leitungen (Twisted pair) und über das 230V-Netz (Powerline) jetzt auch die Funkübertragung angeboten wird.

Einen wichtigen Teil bilden in einem Home Automation-System die Sensoren. Diese werden sich zu adaptiv intelligenten Geräten entwickeln. Als Vision sehen die Entwickler einen multifunktionalen Sensor pro Raum, welcher über Funk kommuniziert. Der Strombedarf soll sehr gering sein, damit er mit einer örtlichen Stromquelle auskommt und nicht mit dem Stromversorgungsnetz verbunden werden muss (Bodmer, James).

Wie wichtig Funk tatsächlich für die Datenübertragung werden wird, hängt neben technischen (Stichworte „Bandbreite“ und „Distanz“) und finanziellen Aspekten auch von Themen wie Akzeptanz (Stichwort „gesundheitsschädigende Strahlung“) und Sicherheit (Stichwort „Intimsphäre“) ab. Mit sehr großer Wahrscheinlichkeit wird aber die drahtlose Kommunikation (z. B. mittels „Handy“) eine dominierende Stellung bei der Kontrolle und Steuerung der vernetzten Systeme einnehmen.

In den USA wird der Vernetzung in Haushalten bereits in naher Zukunft große Wachstumschancen vorausgesagt (Abbildung 3.2-3).

Abbildung 3.2-3: Anzahl vernetzter Haushalte in der USA



Quelle: The Yankee Group; Dutta-Roy Amitava

Vor allem das Telefonnetz wird in der USA als Kommunikationsnetz für Informatik-Dienste im Haus benutzt. In der „Home Phoneline Networking Alliance (HomePNA: www.homepna.org) wurde 1998 ein Übertragungsstandard im Frequenzbereich zwischen 5,5 und 9,5 MHz geschaffen. Zurzeit ist aber unter den Herstellern eine Absatzbewegung im Gange: Intel hat sein Angebot zugunsten von WLAN-Komponenten aufgegeben. Zurzeit sind WLAN-Komponenten noch teurer, es wird aber erwartet, dass die Preise bei WLAN schneller sinken werden als bei HomePNA (Endres/Johannes 2002).

Britische Marktforscher von Strategy Analytics in London erwarten, dass es bis 2005 in 15 Prozent der europäischen Haushalte private Funknetzwerke gibt, welche insgesamt 88 Mio. Geräte verknüpfen. Das durchschnittliche Heim wird gemäß dieser Vorhersage 2,5 Apparate vernetzt haben (Metzger 2000).

Gemäß Einschätzungen verschiedener Experten wird sich die Vernetzung im Haushalt in Deutschland langsamer entwickeln als in den USA. Die Gründe dafür sind:

- das Telefonnetz hat für die Vernetzung nur geringe Chancen (andere Verkabelungstechnik beim Telefonnetz (keine parallelen Anschlüsse), hoher Anteil an ISDN-Anschlüssen mit sternförmiger Verteilung),
- langlebige Bausubstanz und damit längere Renovations- und Neubauzyklen,
- höherer Mieteranteil,
- höherer Anteil von institutionellen Anlegern im Liegenschaftsmarkt.

Trotzdem erwarten auch deutsche Experten, dass die Standardisierung und die Integration fortschreitet und in etwa 5 Jahren die Fähigkeit zum „Massenmarkt“ erlangen und in etwa 10 Jahren das intelligente Haus für jedermann eine Selbstverständlichkeit sein wird (Scherer 2001).

3.2.2 Multimedia-Dienste

Die verschiedenen IT-Anwendungen im Haushalt sind bisher mit wenigen Ausnahmen nicht miteinander verbunden. Dies wird sich in den nächsten Jahren ändern, denn die Vernetzung im Haushalt wird heute klar angetrieben durch die Multimedia-Anwendungen und insbesondere durch das Bedürfnis der Internet-Nutzung an verschiedenen Orten im Heim. Der Markt ist Internet- oder „email-driven“: „stay in contact everywhere at every moment“. Für die Vernetzung der Multimedia-Dienste werden breitbandige Technologien benötigt. Für die Vernetzung im Nahbereich stehen kabelgebundene Lösungen wie FireWire (IEEE 1394: Transferrate bis 400 Mbps, Kabellängen bis zu 4,5 m in der Unterhaltungselektronik auch als I.Link bekannt) oder USB 2,0 (Transferrate bis 480 Mbps, Kabellängen bis 5 m) oder Funklösungen (Bluetooth: Reichweite 10 m, Übertragungsrate 721 kbps, ISM Band 2,4 bis 2,483 GHz, WLAN) zur Verfügung. USB und FireWire haben 2 Drähte für die Energieübertragung (FireWire: 1,5 A, 8-30 VDC) integriert.

Die Geräte und deren Energiebedarf werden im Kapitel 4.2.6 behandelt.

3.2.3 Haustechnik (Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Sicherheitstechnik)

Bis heute werden Installationsbussysteme, die die Vernetzung von Geräten der Haustechnik erlauben, im Wohnungsbau nur selten eingesetzt. Dies liegt einerseits an den hohen Investitionskosten und andererseits am mangelnden Know-how des Installationsgewerbes sowie am geringen Zusatznutzen für den Endbenutzer. Gegenüber der konventionellen Installationstechnik gewährleistet ein Installationsbussystem eine wesentliche Reduzierung des Kabel- und Leitungsaufwandes. Das im Wohnungsbau am häufigsten eingesetzte Bussystem ist das EIB²⁰-System. Es benutzt für die Übertragung der Informationen und der elektrischen Energie ein 4-adriges Buskabel (2 Adern für Daten und 2 Adern für die Energie). Daher ist dessen Anwendung praktisch auf den Neubau beschränkt. Vor allem im Fertighaussegment findet dieser Installationsbus zunehmend Verwendung. Der Markt steckt zur Zeit in den „Kinderschuhen“ (Volumen 0,5 Mrd. Euro Umsatz in Deutschland gegenüber 150 Mrd. Euro für den gesamten Elektroinstallationsmarkt) und wird sich nach

²⁰ European Installation Bus

Meinung der Experten nur langsam entwickeln. Ein Anbieter von Systemdienstleistungen schätzt, dass bis in 5 Jahren etwa 20 % der Neubauten mit einem Bussystem ausgerüstet sein werden. Ein Vertreter eines Herstellers von EIB-Geräten schätzt eine Marktdurchdringung von nur 10 % bis im Jahr 2010 und dies schwerwichtig im Eigenheimbau der gehobenen Klasse. Die Masse des erwarteten Flächenzuwachs in der Zukunft liegt aber beim Mietwohnungsbau in der Mietklasse von €500 pro Monat und einer Wohnfläche bis 80 m², bei welcher kein Bussystem eingesetzt werden wird.

Für den Sanierungsbau sind auch Lösungen mit der Übertragung der Informationen über die Stromleitung (PLC²¹) und über Funk auf dem Markt. Es ist zur Zeit aber schwierig, die zusätzlichen Investitionen für die Vernetzung neben den anderen beträchtlichen Investitionen, welche in einer Gesamtsanierung anfallen, zu verkaufen. Der Sanierungsbau ist neben wirtschaftlichen Faktoren auch abhängig von der Altersstruktur des Wohnungsbestandes (Bundesamt für Statistik 1998):

- Nahezu die Hälfte der Wohneinheiten in Deutschland stammen aus der Zeit von 1949 bis 1978.
- In Altbauten (bis 1948 errichtet) befinden sich 29 % der Wohneinheiten.
- 22 % der Wohneinheiten sind nach 1978 gebaut worden.
- Die Bausubstanz in den neuen Ländern ist erheblich älter.

3.2.4 Weiße Ware

Eine Arbeitsgruppe der CECED²² definierte die Kommunikationsanforderungen der Geräte der Weißen Ware. Diese Anforderungen hat die „European Home System Association, EHSA“ in einen offenen Standard (EHS) für die „Powerline Communication PLC“ umgesetzt. Dieser Standard ist in die „Konnex Association²³“, eingebracht worden. Die wichtigen Hersteller von Haushaltsgroßgeräten sind an der Entwicklung von vernetzbaren Geräten beteiligt und werden diese im Laufe der nächsten Jahre auf den Markt bringen. Die Übertragung beruht auf der PLC-Technologie und dem Standard EHS. Die Hersteller werden für die Vernetzung in technischer Hinsicht in relativ kurzer Zeit bereit sein. Sie werden jedoch erst investieren, wenn für den Konsumenten Dienstleistungen von Systemintegratoren mit einem Mehrwert zur Verfügung stehen werden.

²¹ Powerline Communication

²² European Manufacturer Association of Domestic Appliances

²³ Zusammenschluss der Organisationen: Batibus Club International (BCI), European Installation Bus Association (EIBA) und European Home System Association (EHSA)

In Deutschland werden die Küchen- und Waschküchengeräte in der Regel von den Endverbrauchern eingekauft. Das heißt, diese Geräte gehören nicht zum Haus und dem Vermieter, sondern sind Teil der Möblierung des Hauses. Etwas über die Hälfte der Geräte werden über Elektrofachgeschäft oder Küchenspezialisten eingekauft, welche diese zumeist auch installieren (Schlomann et al. 2001). Der Rest wird von Elektrofachmärkten, Verbrauchermärkten oder Waren- und Versandhäuser bezogen. Der doch bedeutende Anteil der Waren- und Versandhäuser (21 %) und der Elektrofachmärkte (17 %) mit damit verbundener Selbstinstallation zwingt die Hersteller bei Innovationen im Bereich der Vernetzung zu einfachen Lösungen mit „plug & play“-Funktionalitäten. Gemäß Aussage der Hersteller kauft der Konsument in Deutschland im Bereich der Haushaltsgroßgeräte konservativ ein und ist gegenüber Neuerungen vorsichtig eingestellt. Diese Faktoren lassen den Schluss zu, dass die Vernetzung der Weißen Ware in Deutschland eher langsamer verläuft als in anderen Ländern. Dies bestätigt auch die Electrolux-Gruppe, die Vernetzungsinnovationen in Märkten in Italien, England und Schweden testet. Trotzdem ist der deutsche Markt für die Hersteller sehr wichtig, denn er stellt mit seinen rund 38 Mio. Haushalten und knapp einem Viertel des europäischen Absatzvolumens den größten Markt in Europa dar.

Für die Simulation bis 2010 gehen wir von der Annahmen aus, dass 5 % der Geräte vernetzt sein werden.

3.3 Endgeräte in Büros

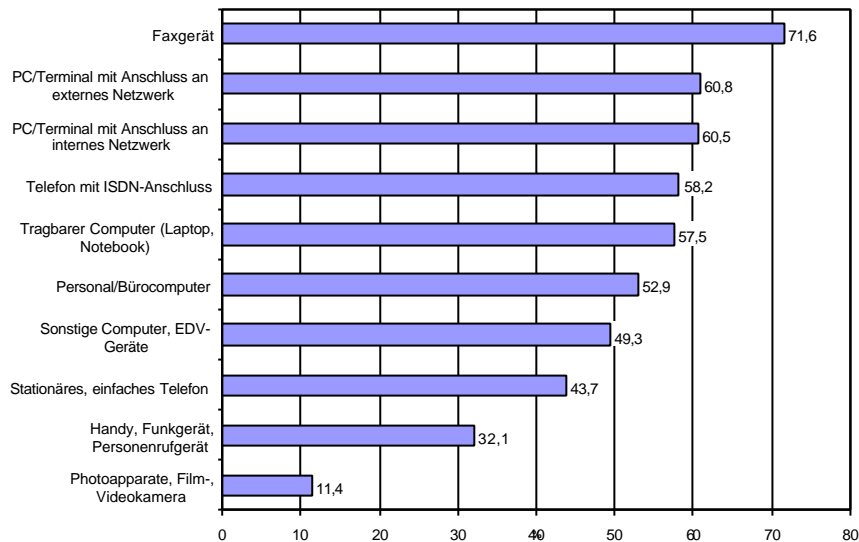
Die Verwendung und Verbreitung von Computern und EDV-Geräten sowie Büro- und Kommunikationsgeräten am Arbeitsplatz stellt einen Schwerpunkt von Studien des BIBB/IAB der vergangenen Jahre dar, die Grundlage der folgenden Abschätzung sind. Genauere Informationen zur Datenlage und zur Methode der Prognose sind in Anhang A1.2 zu finden. Anhang A1.4.3 enthält eine tabellarische Übersicht über die Bestände aller in dieser Studie betrachteten Büro-Endgeräte für die Jahre 2001, 2005 und 2010.

Nach Angaben des BIBB/IAB haben sich in den 90er Jahren Computer an den Arbeitsplätzen, insbesondere im Büro- und Dienstleistungsbereich, weitgehend als Arbeitsmittel durchgesetzt. Fast alle Berufstätigen (93 %) verwenden im Bürobereich zumindest gelegentlich den Computer²⁴. Über 70 % der Erwerbstätigen arbeiten sogar überwiegend mit dem Computer (Troll 2000c). Fast alle Erwerbstätige (98 %) in Büroberufen arbeiten des öfteren mit Büro- und Telekommunikationsge-

²⁴ Nach der BIBB/IAB Nomenklatur gehören dazu u. a.: Personal-/ Bürocomputer; PC/Terminal mit Anschluss an ein internes Netzwerk; PC/ Terminal mit Anschluss an ein internes Netzwerk; tragbarer Computer, Laptop, Notebook; Scanner, Plotter.

räten²⁵. Hier ist also nahezu eine Vollausstattung erreicht (Biersack et al. 2001: 436). Die folgende Abbildung 3.3-1 gibt eine Übersicht, wie sich der Einsatz von Informations- und Kommunikationsendgeräten im Büro im Jahr 1999 darstellt.

Abbildung 3.3-1: Verwendung von Arbeitsmitteln im Büro (Anteile in %)



Quelle: Troll 2000c, eigene Zusammenstellung

3.3.1 Kameras

Digitale Fotokameras und *Videokameras* bzw. *Camcorder* sind heute in geringem Umfang in Unternehmen vorhanden. So waren im Jahr 2001 jeweils 12 % aller Büroarbeitsplätze mit einer digitalen Fotokamera bzw. einem Videoaufzeichnungsgerät ausgestattet. Es wird davon ausgegangen, dass Kameras auch in Zukunft nicht zu typischen Arbeitsmitteln im Büroumfeld werden, die Bestände werden also stagnieren. Da digitale Fotokameras noch vergleichsweise neu auf dem Markt sind, wird ein Anstieg der Ausstattungsrate von heute 12 % auf 15 % im Jahr 2010 angenommen.

Damit wird der Bestand an Videokameras bzw. Camcorder von 1,4 Mio. (2001) auf 1,5 Mio. im Jahr 2010 ansteigen. Bei den digitalen Fotokameras wächst der Bestand von 1,4 Mio. Geräten im Jahr 2001 in den kommenden Jahren bis auf 1,9 Mio. Geräte (2010).

²⁵ Nach der BIBB/IAB Nomenklatur gehören dazu u. a.: Tischrechner/Taschenrechner; stationäres/einfaches Telefon, Telefon mit ISDN-Anschluss; Anrufbeantworter; Handy/Funkgerät/Personenrufgerät; Faxgerät/Fernkopierer; Diktiergerät; Overhead-Projektor, Beamer; Videogerät; Fotoapparat/Filmkamera/Videokamera.

3.3.2 Festnetz Telefon

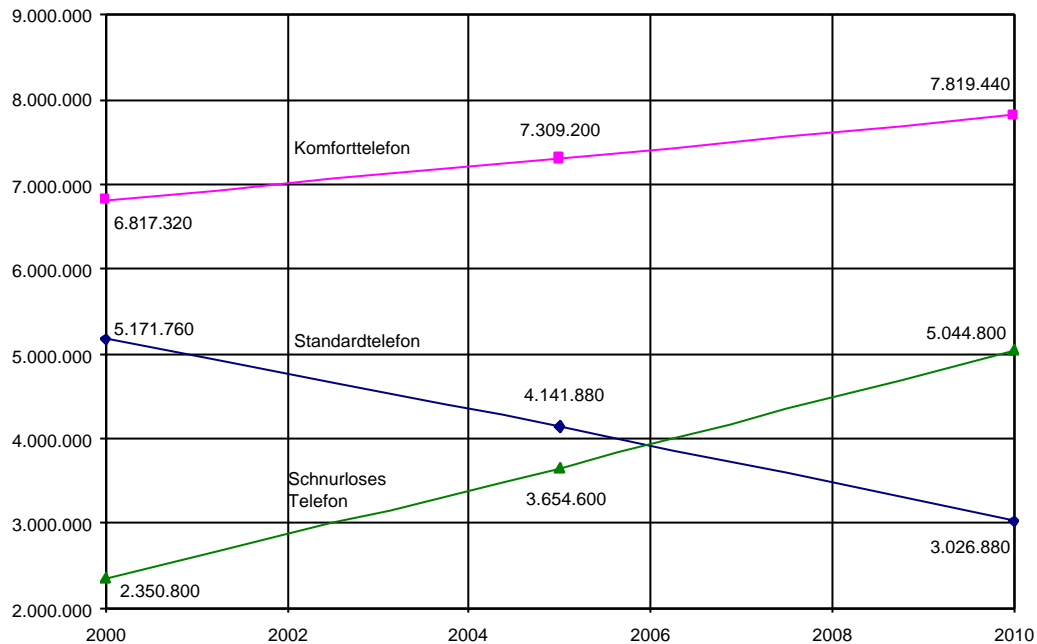
Komforttelefon/Schnurlostelefon

Fast alle Büroarbeitsplätze sind mit Festnetztelefonen ausgestattet; hier ist schon lange eine Vollaussattung erreicht. Dennoch finden auch im Bürobereich Umschichtungen im Gerätebestand statt. So stieg der Umsatz von Telefonendgeräten²⁶ laut EITO (2000: 390) von 1.598 Mio. € im Jahr 1997 auf 1.833 Mio. € im Jahr 2001. Allerdings reduzierten sich die Wachstumsraten von 4,6 % in den Jahren 1997/98 auf 2,7 % in den Jahren 2000/2001. An den meisten Büroarbeitsplätzen steht ein Telefon mit ISDN-Anschluss bzw. Komforttelefon mit verschiedenen Funktionen zur Verfügung oder/und ist an eine hausinterne Nebenstellenanlage angeschlossen. Ende der 90er Jahre waren allerdings immer noch über 40 % der Arbeitsplätze mit einem Standardtelefon ausgestattet (BAC 1999a: 21, Troll 2000c: 4).

Die Zahl der einfachen Telefongeräte wird von heute 5,2 Mio. auf 4,2 Mio. (2005) bzw. 3 Mio. (2010) zurückgehen. Dafür wird sich die Anzahl der schnurlosen Telefone und Komforttelefone in den nächsten Jahren erhöhen bzw. die einfachen Telefongeräte ersetzen. Besonders anwachsen wird die Anzahl der Schnurlostelefone von heute 2,4 Mio. auf 3,7 Mio. im Jahr 2005 und 5 Mio. im Jahr 2010. Diese Geräte eignen sich insbesondere für kleine Büros bzw. Kleinstunternehmen. Auch die Anzahl der Telefone mit ISDN-Anschluss bzw. Komforttelefone, die schon heute mit 6,8 Mio. eine hohe Ausstattungsquote aufweisen, werden weiter auf 7,8 Mio. im Jahr 2010 anwachsen (vgl. Abbildung 3.3-2).

²⁶ EITO differenziert allerdings nicht zwischen Geräten für den privaten Haushalt und Unternehmen bzw. Büros.

Abbildung 3.3-2: Entwicklung der Zahl der Festnetztelefone im Bürobereich bis 2010

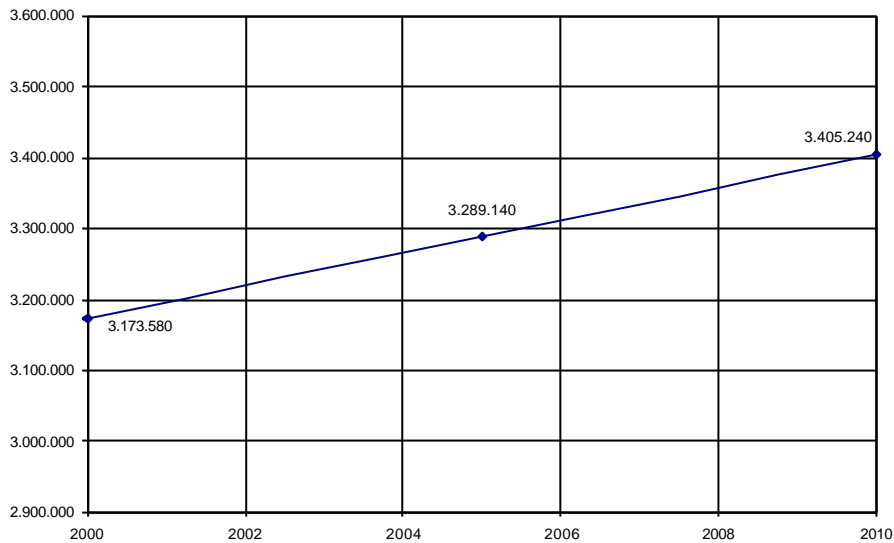


Quelle: BAC 1999a, Troll 2000c, eigene Berechnungen

Anrufbeantworter

Anrufbeantworter sind vor allem in kleineren Büros bzw. Kleinstunternehmen im Einsatz. Mittlere und große Unternehmen verfügen meist über Telefonzentralen oder nehmen Dienstleistungen von Call-Centern in Anspruch. Für den Bürobereich zeichnet sich bei Anrufbeantwortern in den nächsten Jahren eine Sättigung ab. So werden in den neueren Komforttelefonen bzw. Telefonanlagen integrierte Anrufbeantworter angeboten. Kleinere Büros werden darüber hinaus in den nächsten Jahren zunehmend Unified-Messaging Dienste in Anspruch nehmen, bei denen alle per Telefon, Fax oder Datenleitung ankommende Nachrichten in einer gemeinsamen Mailbox landen und dann von dort wahlweise per Telefon, Fax, E-Mail, Internet-Browser oder Handy abrufbar sind. Die Zahl der Anrufbeantworter wird deshalb von heute 3,2 Mio. bei 3,3 Mio. im Jahr 2005 bzw. 3,4 Mio. im Jahr 2010 stagnieren (Abbildung 3.3-3).

Abbildung 3.3-3: Entwicklung der Zahl der Anrufbeantworter im Bürobereich bis 2010



Quelle: Troll 2000c, eigene Berechnung

Faxgerät

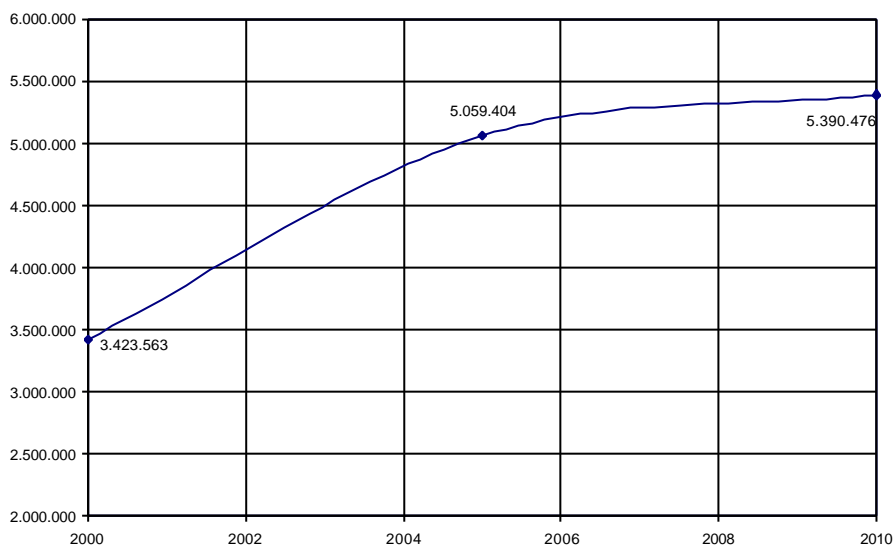
Das *Faxgerät* ist seit den 80er Jahren ein unverzichtbares Medium der geschäftlichen Kommunikation geworden. Alle Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen sind heute mit Faxgeräten ausgestattet. Bei kleineren Büros und Kleinstunternehmen verfügt jedes Unternehmen über ein Endgerät; bei kleinen und mittleren Unternehmen (10–499 Mitarbeiter) mit überwiegender Schreibtischarbeit kommt auf etwa 20 bis 25 Mitarbeiter ein Faxgerät (Kolo et al. 2000).

Die wichtigste Rahmenbedingung für die weitere Marktentwicklung von Faxendgeräten stellt generell die substituierende Wirkung von Internet Diensten bzw. E-Mail dar. Allerdings bleibt in den nächsten Jahren der Geräte- und Dienstemix weiterhin wichtig (Kolo et al. 2000: 25), um z. B. den nationalen und internationalen Kundenkontakt über unterschiedliche Medien halten zu können. Bei Kleinstunternehmen – auch durch Neugründungen – wird sich bis 2005 die Ausstattung mit Faxgeräten weiter erhöhen. Wegen des gestiegenen Bedürfnisses nach mehr Office-Funktionen werden diese Unternehmen aber verstärkt auf Multifunktionsgeräte, d. h. Faxgeräte, die auch als Drucker, Scanner und Kopierer verwendet werden können, umsteigen. Kleine- und mittlere Unternehmen versuchen, durch den Einsatz neuer Techniken die Übertragungskosten zu senken und die Kommunikationsströme zu vereinheitlichen. Die entsprechenden Techniken auf der Basis des Internet-Protokolls spielen allerdings bis 2005 noch eine untergeordnete Rolle (Kolo et al. 2000: 99). Sie werden erst ab 2006 ihre substituierende Wirkung auf das Fax

entfalten und dabei zunächst Großunternehmen betreffen. Nähere Ausführungen zur Substitution des Faxgeräts durch konkurrierende Technologien ist Kapitel 4.6 zu entnehmen.

Die Zahl der installierten Faxgeräte im Bürobereich beträgt heute 3,4 Mio. und wird bis 2005 auf 5,1 Mio. anwachsen; bis zum Jahr 2010 wird die Zahl der Geräte dann nur noch langsam wachsen und sich auf 5,4 Mio. erhöhen (Abbildung 3.3-4).

Abbildung 3.3-4: Entwicklung der Zahl der Faxgeräte im Bürobereich bis zum Jahr 2010



Quelle: Kolo et al. 2000; Fortschreibung

3.3.3 Mobiles Telefon

Bisher gibt es keine offiziellen Daten zur Zahl der geschäftlich genutzten *Mobiltelefone*. Außerdem gibt es speziell bei diesem Gerät häufig keine klare Abgrenzung zwischen privater und geschäftlicher Nutzung. Aus diesem Grund werden in dieser Untersuchung alle Mobiltelefone bereits bei den Haushalten bilanziert (siehe Abschnitt 3.1.6).

3.3.4 Personal Computer

Desktop/Notebook

Nach jüngsten statistischen Angaben des EITO (2002) ist der Absatz für *Personal Computer (PC)*²⁷ von 7,335 Mio. € im Jahr 1998 auf 9 688 Mio. € im Jahr 2002 gestiegen, allerdings sind die Wachstumsraten von 9,3 % für die Jahre 1998/1999 auf 5,8 % für die Jahre 2001/2002 gefallen. Innerhalb des PC-Marktes gewinnen Notebooks/Laptops zunehmend an Bedeutung, seit 1998 nimmt sowohl der Umsatz als auch die verkaufte Stückzahl solcher Geräte kontinuierlich zu (Tabelle 3.3-1).

Tabelle 3.3-1: Umsatzentwicklung (in Mio. €) und Stückzahl für Rechner in der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1998 bis 2002

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PC (Gesamtumsatz) | 7,335 | 8,019 | 8,564 | 9,155 | 9,688 |
| davon: Desktop | 5,213 | 5,578 | 5,855 | 6,148 | 6,424 |
| davon: Notebook/Laptop | 2,123 | 2,441 | 2,710 | 3,008 | 3,264 |
| Desktop (Anteil in %) | 71 | 70 | 68 | 67 | 64 |
| Notebook/Laptop (Anteil in %) | 29 | 30 | 32 | 33 | 34 |

| | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PC (Stückzahl) | 5.513.018 | 6.293.357 | 7.000.377 | 7.754.050 | 8.633.914 |
| davon: Desktop | 4.690.551 | 5.289.053 | 5.808.321 | 6.327.583 | 6.981.775 |
| davon: Notebook/Laptop | 822.488 | 1.004.304 | 1.192.057 | 1.426.467 | 1.652.139 |
| Desktop (Anteil in %) | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 |
| Notebook/Laptop (Anteil in %) | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |

Quelle: EITO 2001, eigene Zusammenstellung

²⁷ EITO differenziert allerdings nicht zwischen Geräten für den privaten Haushalt und für Unternehmen bzw. Büros.

Fast alle Unternehmen in der Bundesrepublik Deutschland sind heute mit Rechner ausgestattet und nutzen für ihre betrieblichen Arbeitsabläufe computerbasierte Arbeitsmittel. Es gibt jedoch hinsichtlich der Unternehmensgröße Unterschiede (vgl. Tabelle 3.3-2). Die betriebliche Ausstattung von kleineren Unternehmen (bis 49 Mitarbeiter) mit Desktop PCs ist zwar mit 78 % relativ hoch, der Ausstattungsgrad liegt jedoch unterhalb der entsprechenden Werte von mittleren und größeren Unternehmen (85 % bzw. 90 %). Noch deutlicher wird der Unterschied bei Notebooks/Laptops. Hier ist der Ausstattungsgrad von kleinen Unternehmen mit 40 % deutlich geringer als bei mittleren oder großen Unternehmen (80 % bzw. 90 %). Unabhängig von der Unternehmensgröße hat bei der Anschaffungsplanung im Vergleich zu anderen Rechnertypen, der Kauf von Notebooks/Laptops die höchste Priorität.

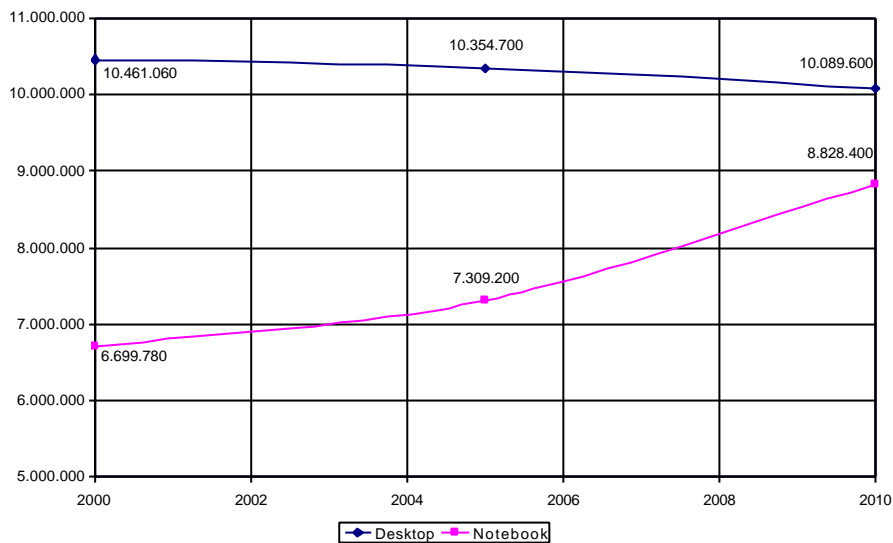
Tabelle 3.3-2: Ausstattung von Unternehmen mit Rechnern nach Unternehmensgröße im Jahr 2000

| | Betriebliche Ausstattung (2000) | | | Anschaffungsplanung (2000) | | |
|--------------------------|------------------------------------|--------------|-------------|-------------------------------|--------------|-------------|
| | Unternehmensgröße | | | Unternehmensgröße | | |
| | bis 49 MA | 50-499 MA | > 500 MA | bis 49 MA | 50-499 MA | > 500 MA |
| PC als stand-alone-Gerät | 78 % | 85 % | 90 % | 26 % | 42 % | 50 % |
| Notebook/Laptop | 44 % | 80 % | 90 % | 30 % | 48 % | 53 % |
| PC über Netzwerk | 55 % | 89 % | 97 % | 19 % | 38 % | 41 % |
| PC-Server | 51 % | 84 % | 93 % | 17 % | 34 % | 41 % |

Quelle: BAC 2001c, Leseranalyse Entscheidungsträger 2000, eigene Zusammenstellung

Die heute schon hohe Zahl installierter PCs im Bürobereich von 17,2 Mio. wird sich nach Einschätzung dieser Studie bis zum Jahr 2010 nochmals auf 18,9 Mio. erhöhen. Dabei reduziert sich allerdings der Bestand von Desktop-Computern leicht von heute 10,5 Mio. Geräten auf 10,4 im Jahr 2005 bzw. 10,1 Mio. im Jahr 2010. Dafür wird sich die installierte Gerätebasis bei den tragbaren Geräten von 6,7 Mio. auf 7,3 Mio. im Jahr 2005 bis 8,8 Mio. im Jahr 2010 erhöhen (Abbildung 3.3-5).

Abbildung 3.3-5: Entwicklung von Desktop- und Notebook-Computern im Büro-bereich bis 2010



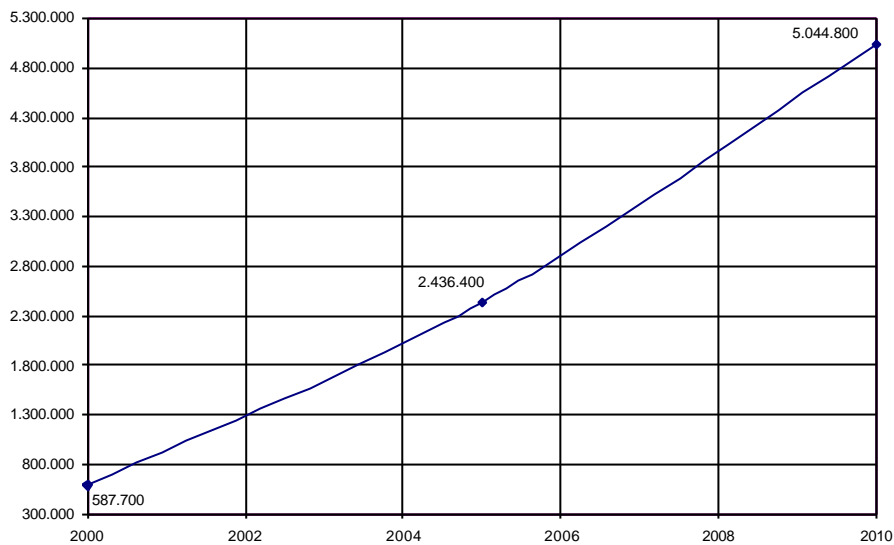
Quelle: Troll 2000c, eigene Berechnung

PDA

Personal Digital Assistants (PDA) bzw. Organizer sind Kleinrechner und haben mehrere Funktionen (z. B. Adressenverwaltung, Kalender, Alarm, Notizen) sowie zunehmend auch einen Netzzugang (Modem, Handy). Die Geräte erfahren seit einigen Jahren eine zunehmende Beliebtheit und Verbreitung. In der betrieblichen Praxis (z. B. auf Reisen und im Außendienst) ersetzen die mobilen Geräte oft zentrale Aufgaben eines schwereren Laptops.

Nach Einschätzung der Studie wird die Zahl der mobilen Geräte im Bürobereich von heute 600 000 PDAs rasch auf 2,4 Mio. im Jahr 2005 ansteigen und sich bis zum Jahr 2010 weiter auf 5 Mio. erhöhen (vgl. Abbildung 3.3-6).

Abbildung 3.3-6: Entwicklung der Zahl der PDAs im Bürobereich bis 2010



Quelle: eigene Berechnungen

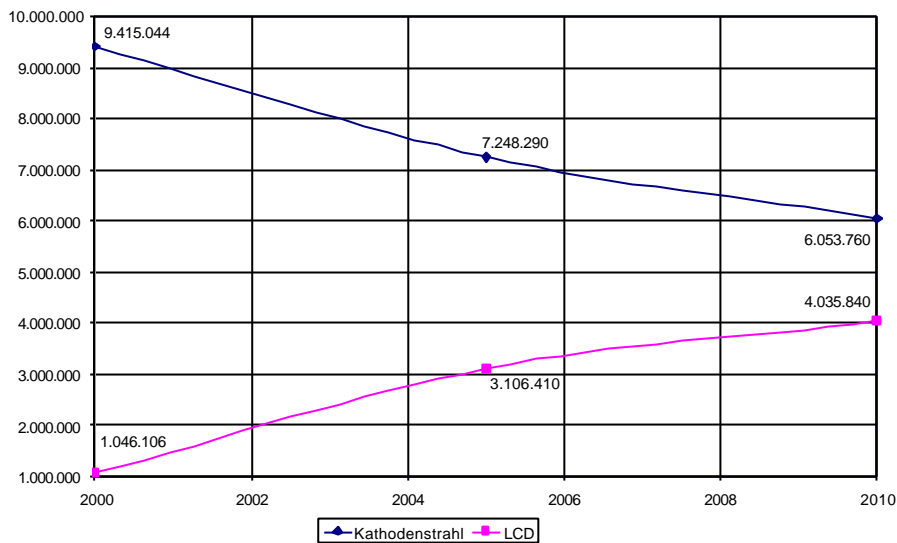
3.3.5 Monitor

Die Zahl der *Computermonitore* im Bürobereich entwickelt sich parallel zur Zahl der Desktop-Computer und nimmt leicht von heute 10,5 Mio. auf 10,4 (2005) bzw. 10,1 Mio. Monitore ab.

Im Bürobereich sind immer noch Kathodenstrahl-Monitore am weitesten verbreitet. Bei Cathode Ray Tube (CRT)-Monitoren geht der Trend zu flacheren Geräten und 19-Zoll-Monitoren. Zunehmend vergrößert sich jedoch im Bürobereich die Nachfrage nach Flachbildschirmen bzw. Liquid Crystal Display (LCD)-Monitoren. Dieser Trend wird sich in den nächsten Jahren verstärken, so dass CRT-Monitore sukzessive durch LCD-Monitore ersetzt werden.

Für die Studie wird angenommen, dass die Anzahl der CRT-Monitore von heute 9,4 Mio. auf 7,3 Mio. im Jahr 2005 bzw. 6,1 Mio. im Jahr 2010 abnehmen wird. Hingegen steigt die Gerätebasis von LCD-Monitoren von heute 1 Mio. auf 3,1 Mio. im Jahr 2005 und schließlich auf 4 Mio. im Jahr 2010 (Abbildung 3.3-7).

Abbildung 3.3-7: Entwicklung von Computer-Monitoren im Bürobereich bis 2010



Quelle: eigene Berechnung

3.3.6 Drucker

Tintenstrahl- und Laserdrucker sind heute die dominierenden Gerätetypen. Dagegen spielen Nadeldrucker nur noch eine geringe Rolle und werden in den kommenden Jahren aus dem Bürobereich ganz verschwinden. Bei der Entwicklung des Marktes für Drucker muss berücksichtigt werden, dass sich in den nächsten Jahren verstärkt Multifunktionsgeräte durchsetzen. In diesen Faxgeräten sind Scanner-, Kopierer- und Druckerfunktionen integriert. Insbesondere bei Kleinstunternehmen werden solche Geräte auf steigendes Interesse stoßen, weil sie deren Bedürfnis nach Integration von Office- und Kommunikationsfunktionen befriedigen (Kolo et al. 2000).

Für diese Studie wird davon ausgegangen, dass die 500 000 Nadeldrucker von heute bis zum Jahr 2005 ganz aus dem Bürobereich verschwinden werden.

Im Gegensatz zum privaten Haushalt haben im geschäftlichen Bereich Laser- (Toner-) Drucker eine viel stärkere Verbreitung. Der Anteil dieser Geräte wird sich in den nächsten Jahren weiter vergrößern. Von den 4,1 Mio. Laserdruckern heute wird die Gerätebasis über 4,9 Mio. im Jahr 2005 auf 5 Mio. im Jahr 2010 anwachsen. Tintenstrahldrucker werden dagegen ihren Anteil nicht verändern. Von den 1,8 Mio. Geräten heute, werden sich im Bürobereich im Jahr 2005 1,8 Mio. und im Jahr 2010 1,9 Mio. Tintenstrahldrucker befinden.

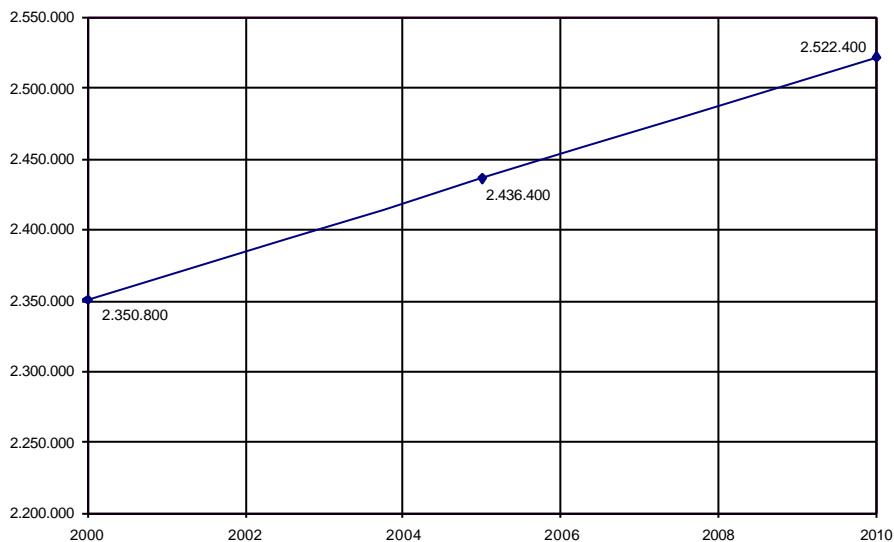
3.3.7 Sonstige Datenverarbeitungsgeräte

Scanner

Im Bürobereich haben sich *Scanner* schon seit einigen Jahren breit durchgesetzt und gehören zu unverzichtbaren Peripherie-Geräten eines PCs. Die Scanner sind keine hochspezialisierte Nischenprodukte mehr, sondern werden im betrieblichen Ablauf für vielfältige Aufgaben eingesetzt. Dabei haben sich Flachbrettscanner gegenüber Einzugs-scannern durchgesetzt. Die Nachfrage nach Scannern entwickelt sich in Richtung höherer Geschwindigkeit und Farbauflösung und niedriger Bauhöhe. In der Zukunft werden verstärkt Multifunktionsgeräte eingesetzt, insbesondere in kleineren Büros. Für die Studie wird von einer Marktsättigung für den Bürobereich ausgegangen.

Die Zahl der Scannergeräte wird sich deshalb in den nächsten Jahren nur leicht verändern; von heute 2,4 Mio. wird die Zahl im Jahr 2010 auf 2,5 Mio. steigen (Abbildung 3.3-8).

Abbildung 3.3-8: Entwicklung der Zahl der Scanner im Bürobereich bis 2010



Quelle: Troll 2000c, Kolo et al. 2000, eigene Berechnungen

Fotokopierer

Nach aktuellen statistischen Angaben des EITO (2001) ist der Umsatz von *Fotokopierer* von 1,373 Mio. € im Jahr 1998 auf 1,543 Mio. € im Jahr 2002 gewachsen. Allerdings sind die Wachstumsraten seit dem Jahr 2000 rückläufig. Die Anzahl verkaufter Kopierer wächst seit 1998 ebenfalls kontinuierlich (Tabelle 3.3-3).

Tabelle 3.3-3: Verkaufte Kopierer in Deutschland von 1998 bis 2002

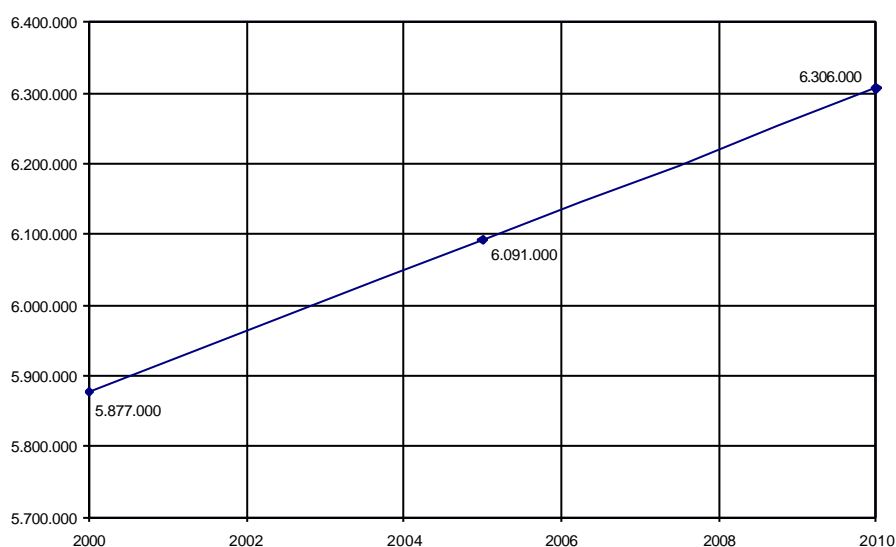
| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Verkaufte Geräte | 386.887 | 395.187 | 402.835 | 410.709 | 419.294 |

Quelle: EITO 2001, eigene Zusammenstellung

Fotokopierer gehören schon lange zum festem Bestandteil von Büroarbeitsplätzen. Neben Gemeinschaftskopierern unterschiedlicher Größenklassen und Ausstattung finden sich auch Einzelplatzkopierer. In kleineren Büros werden sich in den nächsten Jahren verstärkt Multifunktionsgeräte durchsetzen. Für diese Studie wird von einer Marktsättigung ausgegangen.

Von heute 5,9 Mio. Kopierer im Bürobereich wird die Gerätebasis nur langsam auf 6,1 Mio. im Jahr 2005 bzw. 6,3 Mio. im Jahr 2010 anwachsen (Abbildung 3.3-9).

Abbildung 3.3-9: Entwicklung der Zahl der Fotokopierer im Bürobereich bis 2010



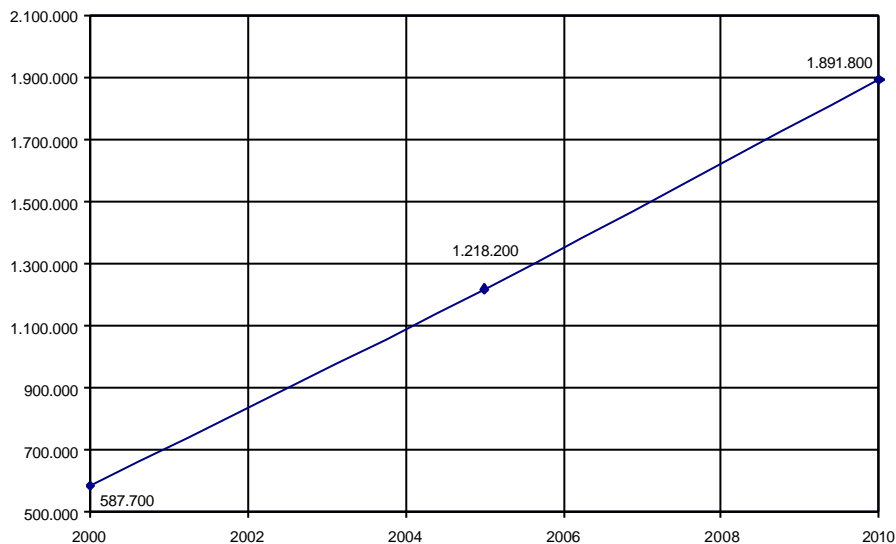
Quelle: eigene Berechnungen

Beamer

Beamer gehören heute zu den wichtigsten Geräten der Präsentationstechnik. Die Geräte haben üblicherweise einen Anschluss für Videoquellen und den PC. Im Bürobereich sind Daten-/Videobeamer schon lange im Einsatz. Für die Studie wird davon ausgegangen, dass die Diffusion von Geräten der Präsentationstechnik in die Wirtschaft auf Grund weiter sinkender Geräteabmessungen und Preise noch nicht abgeschlossen ist. Die Bedeutung betriebsinterner und externer Präsentation und deren technische Unterstützung wird in der Zukunft weiter zunehmen.

Von heute 600 000 Beamern wird der Bestand bis zum Jahr 2005 auf 1,2 Mio. wachsen und sich schließlich im Jahr 2010 auf 1,9 Mio. erhöhen.

Abbildung 3.3-10: Entwicklung der Zahl der Beamer im Bürobereich bis 2010



Quelle: eigene Berechnungen

3.4 Infrastruktur in privaten Haushalten und Büros

Während Informations- und Kommunikationsendgeräte in privaten Haushalten bzw. in Unternehmen gut voneinander abzugrenzen sind und auch seit Jahren eine detaillierte Erhebung von statistischem Material stattfindet, ist die Situation bei Infrastruktureinrichtungen erheblich komplizierter. So wird insbesondere bei Internetzugängen nicht nach Haushalten und Unternehmen differenziert. Vielfach macht eine solche Unterscheidung auch wenig Sinn. So ist beispielsweise der Internetzugang über DSL eine Technologie, die sich im gewerblichen Umfeld besonders für kleine

und kleinste Unternehmen eignet, die häufig nicht scharf vom privaten Haushalt abzugrenzen sind. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes entfallen auf diese Kleinstunternehmen mit 1-9 Mitarbeitern in Deutschland gut 2,4 der insgesamt rund 3,1 Mio. Arbeitsstätten (Tabelle 3.4-1). Bei der Betrachtung breitbandiger Internetanschlüsse wird daher im Folgenden nicht mehr nach Haushalten und Unternehmen unterschieden.

Tabelle 3.4-1: Anzahl der Arbeitsstätten in Deutschland nach Mitarbeiter-Größenklassen in Deutschland 2001

| Größenklasse nach Mitarbeitern (MA) | Anzahl der Arbeitsstätten |
|-------------------------------------|---------------------------|
| VSE (1-9 MA) | 2 430 237 |
| KMU (10-49 MA) | 380 579 |
| KMU (50-499 MA) | 169 992 |
| Großunternehmen (>500 MA) | 131 551 |
| insgesamt | 3 112 359 |

Quellen: eigene Berechnungen basierend auf Daten des Statistischen Bundesamtes

Hausinterne Infrastruktur im engeren Sinne, d. h. lokale Daten- oder Telefonnetze, Server oder Telefonanlagen, sind heute noch nicht sonderlich verbreitet. Dennoch befinden sich durch den Anschluss an die öffentliche Informations- und Kommunikationsinfrastruktur immer auch bestimmte Geräte im Besitz eines Haushalts, die nicht als Endgeräte gewertet werden können, sondern als Informations- und Kommunikationsinfrastruktur gewertet werden. Hierzu zählen vor allem die im Zuge der Digitalisierung der Telefonnetze (ISDN) und der diversen Zugangsmöglichkeiten zum Internet installierten Netzabschlussgeräte und Modems. Insbesondere bei den neuen breitbandigen Internetanschlüssen ist auf Basis des vorliegenden Zahlenmaterials keine weitere Differenzierung nach privaten Haushalten und Büros möglich. Die im Folgenden präsentierten Zahlen decken vielmehr beide Bereiche ab.

Eine tabellarische Übersicht über die Bestandsentwicklung der Haushalts- und Büro-Infrastruktur ist Anhang A1.4.2 und Anhang A1.4.4 zu entnehmen.

3.4.1 Internet-, Telefon- und sonstige Infrastruktur

Ein schneller Zugang zum Internet, wie er in Deutschland beispielsweise durch ISDN oder die breitbandige Digital Subscriber Line (DSL) ermöglicht wird, erfreut sich reger Nachfrage. Allerdings spielen breitbandige Verbindungstechniken zum Internet noch eine untergeordnete Rolle, dominierend sind vielfach analoge Modem-Verbindungen und ISDN-Anschlüsse.

In den kommenden 5 Jahren wird aber ein immer größerer Anteil der deutschen Haushalte über einen Breitbandanschluss an das Internet angeschlossen sein. So hat sich die Nutzung von Breitbandanschlüssen zwischen den Jahren 2000 und 2001 mehr als verdoppelt. Die Zugangstechnik mit den höchsten Zuwachsraten ist der in 90 % aller Haushalte technisch mögliche DSL-Anschluss. Die Nachfrage nach einem solchen Anschluss ist 2001 förmlich explodiert. Ende 2001 waren bereits 2,2 Mio. DSL-Anschlüsse installiert, in der ersten Jahreshälfte 2002 konnten bereits mehr als 2,5 Mio. DSL-Anschlüsse verbucht werden. Hingegen ist die Nutzung eines breitbandigen Internetzugangs über das Kabelnetz noch im Hintertreffen: erst 100 000 Internetnutzer nutzen Ende 2001 diese Möglichkeit.

DSL-Anschlüsse

Kabelmodem und DSL sind die beiden auch international führenden Breitbandtechnologien im Festnetz. Es wird im Rahmen dieser Studie davon ausgegangen, dass diese beiden Technologien bis zum Jahre 2010 den Markt für Breitbandanschlüsse dominieren werden.²⁸ Weil die Verbreitung von Telefonanschlüssen in Deutschland deutlich höher als die Versorgung mit Kabelanschlüssen ist, wird die am stärksten genutzte Zugangstechnologie DSL werden. So wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass bis 2005 insgesamt 10,2 Mio. und bis 2010 sogar 16 Mio. DSL-Anschlüsse installiert sein werden (vgl. Tabelle 3.4-2).

Da für jeden DSL-Anschluss ein Splitter, der ein paralleles Telefonieren über den Anschluss erst zulässt, eingesetzt wird, entspricht die Zahl der DSL-Anschlüsse der Zahl der DSL-Splitter. Bei den DSL-Modems hingegen werden auf dem Markt schon interne Geräte angeboten. Für das Jahr 2005 wird angenommen, dass 30 % der DSL-Nutzer ein internes Modem verwenden, mit steigender Tendenz auf die Hälfte aller Nutzer bis zum Jahr 2010.

Tabelle 3.4-2: Ausstattung von Haushalte und Büros mit DSL-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| DSL-Anschlüsse | 2 200 000 | 10 200 000 | 16 000 000 |

Während breitbandige Internet-Anschlüsse heute noch vorwiegend zum Anschluss eines einzelnen Endgeräts genutzt werden, ist in den kommenden Jahren mit einem Trend zum Aufbau von hausinternen Netzwerken zu rechnen, an denen eine Viel-

²⁸ Im Zuge des Ausbaus der G3- und G4-Technologien im Mobilfunk werden künftig verstärkt auch mobile Breitbandzugänge in privaten Haushalten genutzt werden. Vgl. hierzu Kapitel 3.1.6.

zahl von IuK-Endgeräten betrieben werden kann.²⁹ Dazu wird neben dem eigentlichen Internet-Anschluss mindestens noch ein Router benötigt, der bereits heute in vielen Fällen als Bestandteil des Modems angeboten wird. Wir gehen davon aus, dass sich die Zahl der in Haushalten installierten Router bzw. Modems mit eingebauter Router-Funktionalität von heute 220 000 auf 3,06 Mio. (2005) bzw. 8 Mio. (2010) erhöhen wird.

CATV-Anschlüsse

In Deutschland gibt es mittlerweile insgesamt 18,1 Mio. an das *Kabelnetz* angeschlossene Wohneinheiten, was einer Ausschöpfung des vorhandenen Potenzials (25,8 Mio. anschließbare Wohneinheiten) von 70 % entspricht. Breitbandkabelnetze wurden bislang fast ausschließlich zur Fernsehübertragung genutzt. Im Zuge erster größerer Projekte, die die Internet-Nutzung über das TV-Kabelnetz mittels Kabelmodem ermöglichen sollen, werden die Kabelnetze an private Betreiber verkauft. Ein Kabelmodem wird an den PC oder mittels einer Set-top-Box an den Fernseher angeschlossen und stellt die Verbindung zum Internet über den TV-Kabelanschluss her. Mit 86 000 derzeit im Einsatz befindlichen Geräten liegt die Verbreitungsrate in deutschen Haushalten bei 0,2 %. Noch handelt es sich dabei also um eine Nischentechnologie. Für die kommenden Jahre, insbesondere nach 2004 wird allerdings mit einem starken Wachstum gerechnet.³⁰ So wird im Rahmen dieser Studie davon ausgegangen, dass 2005 bereits 4 Mio. und 2010 insgesamt 14 Mio. Internetanschlüsse über das Fernseekabelnetz installiert sein werden.

Die Zahl der CATV-Anschlüsse entspricht für das Jahr 2001 der der CATV-Modems. Wie auch bei den DSL-Modems kann bei den CATV-Modems ebenfalls davon ausgegangen werden, dass bis zum Jahr 2005 auch interne Geräte eingesetzt werden. Für das Jahr 2005 wurde angenommen, dass 30 % der Geräte in einem Rechner integriert sind, mit steigender Tendenz auf 50 % im Jahr 2010 (vgl. Tabelle 3.4-3).

Tabelle 3.4-3: Ausstattung von Haushalten und Büros mit CATV-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| CATV-Anschlüsse | 86 000 | 4 000 000 | 14 000 000 |

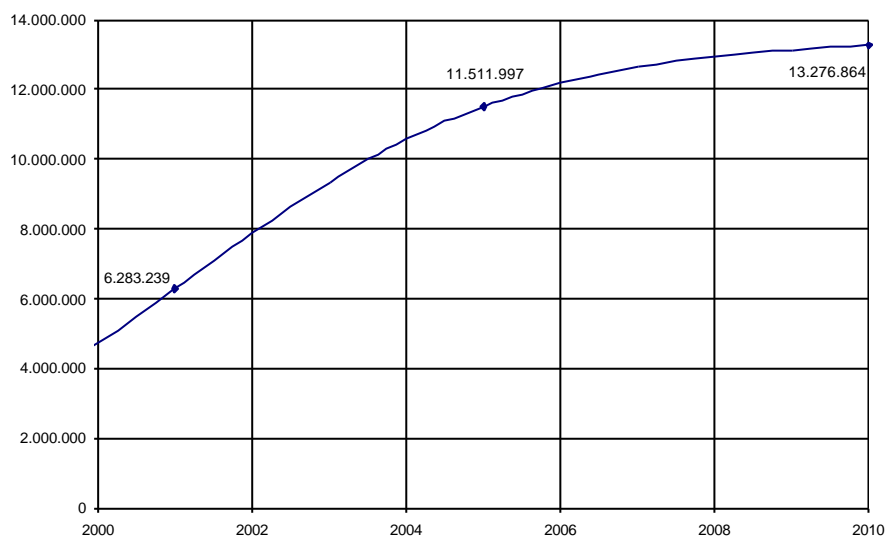
²⁹ Dies umfasst nicht nur mögliche Zweitcomputer, sondern auch Internettelefone oder Geräte des "Vernetzen Hauses".

³⁰ Die hier angenommenen Zahlen setzen voraus, dass der Ausbau der CATV-Technologie entsprechend der Planungen der Anbieter abläuft. Ob dies nach der Insolvenz von Callahan NRW und dem durch das Bundeskartellamt verhinderten Verkauf von Teilen des Kabelnetzes an Liberty Media noch realisiert werden kann, bleibt abzuwarten. Sollte es zu Verzögerungen beim Ausbau der Kabelnetze kommen, dürften die Kunden in noch stärkerem Maße DSL-Anschlüsse installieren.

ISDN-Anschlüsse

Neben dem rapide Wachstum bei den DSL- und Kabelnetz-Anschlüssen gibt es eine immer noch wachsende Zahl von ISDN-Anschlüssen. Die hohe Diffusion von ISDN in Haushalten war in den vergangenen Jahren ein Ergebnis der zunehmenden privaten Internetnutzung. Mit zunehmender Nutzung breitbandige Internet-Anschlüsse über DSL und Kabel kommt es dann auch zu einer Substitution der bisherigen ISDN-Anschlüsse als vorrangiger Internet-Zugangstechnologie in privaten Haushalten. In Anlehnung an die Studie von BDRC (2001) wird davon ausgegangen, dass die Zahl der ISDN-Anschlüsse in den kommenden Jahren nochmals leicht ansteigen wird, um dann in seiner Funktion als Zugangstechnologie zum Internet durch alternative Technologien ersetzt zu werden (Abbildung 3.4-1). So wird angenommen, dass die Zahl der ISDN-Anschlüsse in privaten Haushalten von knapp 6,3 Mio. (2001) auf etwa 11,5 Mio. (2005) bzw. 13,2 Mio. (2010) ansteigt.

Abbildung 3.4-1: Entwicklung der Zahl der ISDN-Anschlüsse in privaten Haushalten bis 2010



Quelle: ACTA, BDRC 2001, eigene Berechnungen

Durch WLL (Wireless Local Loop: drahtlose Technologie für permanente Breitbandverbindungen mittels Richtfunktechnik), Satellitentechnik und Powerline Communication (z. B. Internet über die Stromleitung) wird in den nächsten Jahren die flächendeckende Verfügbarkeit schneller Internetanschlüsse vorangetrieben. Büllingen/Stamm (2001) gehen davon aus, dass bis 2010 mehrere Zugangnetze im Ortsbereich parallel existieren werden, so dass die meisten Nutzer zwischen mindestens drei, in der Regel sogar fünf unterschiedlichen Anschlussnetzen wählen können. Es wird ferner davon ausgegangen, dass dabei die Zugangstechnologien

ADSL, CATV (Kabelfernsehen) sowie UMTS die höchsten Marktanteile auf sich ziehen werden. Die im Bereich der Backbonenetze zum Einsatz kommende Glasfasertechnologie wird näher an die Endkunden rücken, als Zugangstechnologie für die „letzte Meile“ jedoch erst nach 2010 eine nennenswerte Rolle spielen.

PLC-Anschlüsse

Parallel zu DSL kündigt sich als Konsumtechnologie die *Powerline Communication (PLC)* an, mit der man über das Stromnetz eine Verbindung zum Internet aufbauen kann. Als erstem Energie-Konzern war es 1999 dem RWE in Kooperation mit Ascocom gelungen, die Datenübertragung per Stromleitung zur Marktreife zu bringen. Analysten von Forrester Research gehen aber davon aus, dass Powerline keine große Bedeutung im deutschen Breitbandmarkt haben wird. Hauptursache dafür sei zum einen die nicht garantierte Geschwindigkeit: Alle an der gleichen Ortsnetzstation angeschlossenen Nutzer teilen sich die maximale Zugangsgeschwindigkeit, d. h. mit steigender Anzahl der Nutzer reduziert sich das Tempo deutlich. Zum zweiten sei die Preisgestaltung undurchsichtig: Die Abrechnung basiere auf der genutzten Datenmenge. Sowohl für Wenignutzer als auch für Vielnutzer sei dieses Preismodell unattraktiv v. a. im Vergleich zu alternativen Technologien. Als dritter Kritikpunkt wird die fehlende flächendeckende Infrastruktur bemängelt: Der Powerline-Dienst bleibt zunächst auf wenige ausgewählte Regionen beschränkt und wird erst ab 2003 nahezu im gesamten Versorgungsgebiet zur Verfügung stehen. Ende 2001 nutzten etwa 2000 Haushalte die im Rahmen von Pilotprojekten angebotenen breitbandigen Internet-Zugänge über Powerline. Im Rahmen dieser Studie wurde deshalb angenommen, dass sich die Zahl der PLC-Anschlüsse bis 2005 auf etwas mehr als 700 000 und bis 2010 auf etwa 2,2 Mio. ansteigen wird. Im Laufe der Jahre 2001 und 2002 haben die wichtigsten Akteure im Bereich der Power Line Communication ihr Engagement stark zurückgefahren. Mit Wirkung zum 30. September 2002 hat schließlich RWE, der Vorreiter der PLC, seine Aktivitäten eingestellt. Gründe hierfür waren nicht mehr zur Verfügung stehende Frequenzbereiche sowie andauernde technische Probleme der Powerline-Modems. Damit sind Ende 2002 lediglich zwei Anbieter (EnBW und der Mannheimer Regionalversorger MVV) im PLC-Markt verblieben (Heise Newsticker vom 4.9.2002). Angesichts dieser Entwicklung ist die Prognose mit sehr großen Unsicherheiten verbunden (vgl. Tabelle 3.4-4). Dennoch wird nicht erwartet, dass die PLC-Technologie langfristig vom Markt verschwindet. Neue innovative Vermarktungsmodelle der verbliebenen Akteure und ein erkennbar beginnender Bedeutungswandel von der Internet-Zugangs- zur Hausvernetzungstechnologie lassen auch für die kommenden Jahre Marktnischen für PLC weiterbestehen.

Darüber hinaus besteht das Bedürfnis nach einem breitbandigen Internetzugang unabhängig von technisch und wirtschaftlich attraktiven PLC-Angeboten. So ist damit zu rechnen, dass potenzielle PLC-Nutzer auf andere Zugangstechnologien, insbesondere DSL, ausweichen, deren Energiebedarf sich nicht deutlich von PLC

unterscheidet. Insofern ist keine signifikante Abhängigkeit des Energieverbrauchs der Breitbandanschlüsse vom Markterfolg von PLC zu erwarten.

Bei jedem PLC-Anschluss wird ein Hauskoppler eingesetzt, der aus der Vielzahl der Signale die für den Hausanschluss bestimmten Signale herausfiltert. Daher ist die Anzahl der PLC-Anschlüsse gleich der der PLC-Hauskoppler. Die Zahl der PLC-Adapter, die die Signale aus dem hausinternen Stromnetz für die Endgeräte herausfiltern, basiert auf der Annahme, dass im Durchschnitt 1,5 PLC-Adapter pro Haushalt eingesetzt werden.

Tabelle 3.4-4: Ausstattung von Haushalten und Büros mit PLC-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|-----------------------|--------|---------|-----------|
| PLC-Anschlüsse | 86 000 | 711 110 | 2 222 220 |

WLL-Anschlüsse

Trotz ausgereifter Technik verfügen bis heute nur einige wenige deutsche Großstädte über drahtlose Ortsnetze, den so genannten *Wireless Local Loop (WLL)*. Nach den Vorstellungen der Regulierungsbehörde sollte 1998 mit der Funkanbindung von Teilnehmeranschlüssen mittels Richtfunk das drahtlose Ortsnetz entstehen (RegTP 2001c). Marktforscher sagten national und international Geschäfte in Milliardenhöhe voraus, der WLL-Boom sollte ganz Deutschland erfassen. WLL hat bislang diese Erwartungen nicht erfüllen können. Nicht nur generelle Gründe wie hohe Startinvestitionen für Hardware, Endeinrichtung und Sende- und Empfangsstationen zwangen viele WLL-Lizenzinhaber – insbesondere durch die angespannte wirtschaftliche Lage der Jahre 2000 und 2001 – in die Knie. Alternative Technologien im Festnetz (DSL) als auch in der Mobilkommunikation (GPRS) kamen zur gleichen Zeit wie die ersten WLL-Angebote auf den Markt. Noch im Juni 2000 waren WLL explodierende Umsätze vorausgesagt worden, jetzt scheint die Technologie nur noch für Insellösungen gut. Für WLL als hochpreisiges Angebot insbesondere für Geschäftskunden wird bis 2010 ein moderates Wachstum erwartet. In Anlehnung an BDRC (2001) wird erwartet, dass WLL eine Marktdurchdringung von 10-20 % erreichen kann. Damit nehmen die WLL-Anschlüsse von heute 50 000 auf etwa eine Million im Jahr 2005 und 4,7 Mio. im Jahr 2010 zu (vgl. Tabelle 3.4-5)

Für die Bilanzierung des Energiebedarfs der Infrastruktur in privaten Haushalten spielen die WLL-Anschlüsse jedoch keine Rolle. Die Geräte zum Empfang der Signale werden meist über den Rechner mit Strom versorgt.

Tabelle 3.4-5: Ausstattung von Haushalten und Büros mit WLL-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|-----------------------|--------|-----------|-----------|
| WLL-Anschlüsse | 50 000 | 1 000 000 | 4 700 000 |

Satelliten-Anschlüsse

Auf Grund der weiten Verbreitung von Satellitenempfangsantennen in Europa gehört diese Breitbandtechnologie neben DSL und Kabelmodem zu den attraktiven Möglichkeiten des Internet-Zugangs. Der Vorteil der drahtlosen Kommunikation via Satellit liegt darin, dass sich insbesondere in ländlichen Regionen kurzfristig eine Versorgung herstellen lässt, ohne umfangreiche Infrastrukturen aufbauen zu müssen. Der größte Nachteil der Satellitenkommunikation ist ihre starke Asymmetrie: während der eingehende Kanal sehr breitbandig ist, kann der Rückkanal nicht über das Satellitensystem realisiert werden und ist daher auf die Bandbreiten anderer Medien, vor allem der Telefonleitung begrenzt. Daher ist die Satellitentechnik ungeeignet für Anwendungen mit hohem Datenaufkommen in beiden Richtungen und für stark interaktive Nutzungen. Die größte Eignung wird ihr von Experten für solche Anwendungen bescheinigt, die Ähnlichkeit mit dem Fernsehen besitzen – also vor allem Unterhaltungsangebote.

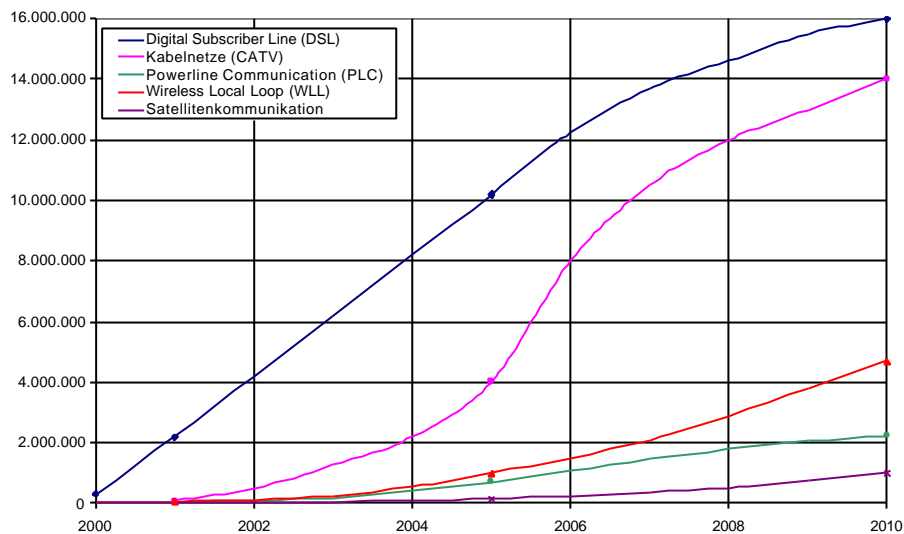
Diese Nachteile und die gleichzeitig gute Versorgung der Haushalte mit DSL-fähigen Telefonleitungen und Kabelanschlüssen spricht gegen eine größere Verbreitung von Internetanschlüssen über Satellit. BDRC (2001) und NFO Infratest (2002) gehen davon aus, dass diese Nischentechnologie eine Reichweite von wenigen Prozent besitzt. Für diese Studie wurde davon ausgegangen, dass die Zahl der Internetzugänge per Satellit von heute 10 000 auf 1 Mio. im Jahr 2010 ansteigt. Dies entspricht einem Anteil von 2 % an den Breitbandzugängen (vgl. Tabelle 3.4-6).

Tabelle 3.4-6: Ausstattung von Haushalten und Büros mit Satelliten-Anschlüssen für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|------------------------------|--------|---------|-----------|
| Satelliten-Anschlüsse | 10 000 | 150 000 | 1 000 000 |

Damit ergibt sich für die breitbandigen Internetanschlüsse insgesamt die in Abbildung 3.4-2 dargestellte Entwicklung.

Abbildung 3.4-2: Entwicklung der Zahl breitbandiger Internetanschlüsse bis 2010



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

Telefon-Modem

Eine weitere zu berücksichtigende Gerätekategorie sind Telefon-Modems, die wiederum vorwiegend in privaten Haushalten und Kleinstunternehmen genutzt werden. Von den im Jahr 2001 noch rund 9,5 Mio. Geräten entfallen etwa 90 % auf die privaten Haushalte. In den kommenden Jahren ist hier von einer stark abnehmenden Bedeutung dieser Geräte auszugehen, im Jahr 2010 dürften Telefon-Modems keine Bedeutung mehr haben (vgl. Tabelle 3.4-7):

Tabelle 3.4-7: Ausstattung von Haushalten und Büros mit Telefon-Modems für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|-----------------------|-----------|-----------|------|
| Telefon-Modems | 9 418 000 | 1 608 000 | 0 |

Nebenstellenanlagen

Telefone sind im Büroumfeld keine Einzelgeräte, sondern werden meist in einem internen Telefonnetz betrieben. Dafür ist eine Nebenstellenanlage notwendig. Die Abschätzung des Energiebedarfs einer solchen *Nebenstellenanlage* erfolgt über die

Zahl der angeschlossenen Telefone (vgl. Abschnitt 3.3.1). Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass alle in Büros vorhandenen schnurlosen und Komfort-Telefone, nicht aber die einfachen Standardtelefone Bestandteil einer Telefonanlage sind. Damit ergibt sich folgende Prognose für die Entwicklung bis 2010 (vgl. Tabelle 3.4-8):

Tabelle 3.4-8: Ausstattung von Büros mit Telefon-Nebenstellenanlagen für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|--|-----------|------------|------------|
| An eine Nebenstellenanlage angeschlossene Telefone in Büros | 9 168 120 | 10 963 800 | 12 864 240 |

Türsprechanlagen

Eine weitere, praktisch in jedem Wohn- und Bürogebäude vorhandene Einrichtung, die einen ständigen Strombedarf verursacht, sind Türsprechanlagen. Hier kann eine getrennte Abschätzung für die privaten Haushalte und Büros vorgenommen werden (vgl. Tabelle 3.4-9):

Tabelle 3.4-9: Ausstattung von Haushalten und Büros mit Türsprechanlagen für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|-------------------------|------------|------------|------------|
| Türsprechanlagen | | | |
| Haushalte | 17 573 000 | 18 291 000 | 18 726 000 |
| Büros | 3 112 359 | 3 112 359 | 3 112 359 |

Für die Haushalte erfolgt die Abschätzung dabei über die Zahl der Wohngebäude in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2001). Bei Wohngebäuden bis 2 Wohnungen wird davon ausgegangen, dass pro Wohnung eine Türsprechanlage vorhanden ist. Bei Gebäuden mit 3 und mehr Wohnungen ist der Anteil geringer. Für 2005 und 2010 wird in Anlehnung an die Rahmendaten der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ (Schlesinger 2001) mit einem leicht ansteigenden Wohnungsbestand und damit auch der Anzahl an Türsprechanlagen gerechnet. Für Büros jeder Arbeitsstätte (Tabelle 3.4-1) eine Türsprechanlage zugeordnet, wobei die Anzahl bis 2010 in erster Näherung konstant gelassen wird.

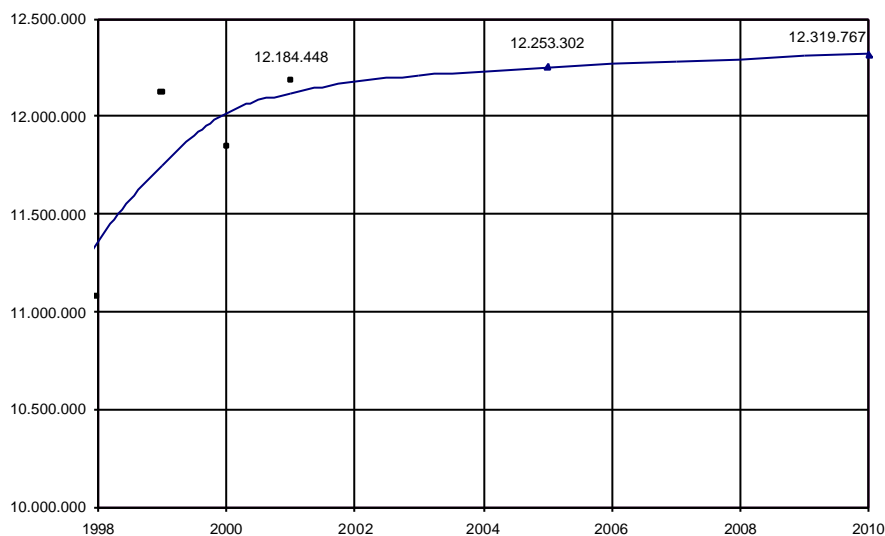
3.4.2 Fernseher-Infrastruktur

Zum Empfang von Fernsehsendungen sind in den privaten Haushalten 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 hat weiterhin den traditionellen terrestrischen Fernsehempfang über Haus- oder Zimmerantenne.

Satellitenempfänger

Der Anteil der Haushalte mit Satellitenempfang hat insbesondere in den 90er Jahren stark zugenommen und stabilisiert sich momentan bei etwa 32 %. Für die kommenden Jahre wird sich daran nicht viel ändern. Aus diesem Grunde wird sich die Anzahl der in privaten Haushalten installierten Satellitenempfangsanlagen von heute 12,18 Mio. auf 12,25 Mio. im Jahre 2005 und nochmals leicht auf 12,32 Mio. erhöhen (Abbildung 3.4-3).

Abbildung 3.4-3: Entwicklung der Zahl der Satellitenempfänger bis 2010



Quelle: ACTA, eigene Berechnungen

TV-Kabelanschluss

Auch der Anteil der Haushalte mit Kabelanschluss hat in den 90er Jahren stark zugenommen und verändert sich nur noch wenig. Heute gibt es insgesamt 18,1 Mio. Wohneinheiten mit Anschluss an das TV-Kabelnetz. Für die Zukunft wird eine geringe Zunahme der Kabelanschlüsse auf 18,5 Mio. bis 2005 und auf 19 Mio. bis 2010 erwartet.

Antennenverstärker

Die Zahl der Haushalte mit Fernsehempfang über Antenne ergibt sich als Restgröße derjenigen Haushalte mit mindestens einem Fernseher, die keinen Satelliten- oder Kabelanschluss haben. Ihre Zahl wird sich von heute 6,6 Mio. auf 6,4 Mio. im Jahr 2005 und 6,1 Mio. im Jahr 2010 verringern. Zusätzlich zu den Haushalten mit terrestrischem Fernsehempfang, ist auch bei Haushalten mit Kabelanschluss teilweise von der Nutzung eines Antennenverstärkers auszugehen, da die Signalstärke eines Kabelanschlusses in der Regel nicht ausreicht, 2 oder mehr Fernseher mit genügender Qualität zu versorgen. Daher wurde unter der Annahme der proportionalen Verteilung der Zweit- und Mehrgeräte über die Empfangstechnologien der Anteil der Haushalte abgeschätzt, die über Kabelanschluss und mehr als ein Fernsehgerät verfügen. Im Jahr 2001 sind dies 3,8 Mio. Haushalte, im Jahr 2005 4,3 Mio. Haushalte und im Jahr 2010 4,7 Mio. Haushalte. Für diese wurde ebenfalls die Nutzung eines Antennenverstärkers angenommen. Da es nach Angaben des Statistischen Bundesamtes in Deutschland durchschnittlich 2,13 Wohneinheiten pro Gebäude gibt, ergibt sich die in Tabelle 3.4-10 gezeigte Nutzung von Antennenverstärkern. Demnach wird sich der Bestand von 4,9 Mio. Geräten im Jahr 2001 geringfügig auf 5 Mio. im Jahr 2005 und knapp 5,1 Mio. Geräte im Jahr 2010 erhöhen.

Tabelle 3.4-10: Anzahl der in Haushalten installierten Antennenverstärker

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Antennenverstärker | 4 883 000 | 5 023 000 | 5 070 000 |

Set-top-Boxen

Auf dem Markt in Deutschland sind heute verschiedene digitale Empfangsgeräte erhältlich (Tabelle 3.4-11). Derzeit wird ein Pilotbetrieb in verschiedenen Netzsinseln aufgebaut. Zuerst soll digitales terrestrisches Fernsehen in sechs Regionen Deutschlands zu empfangen sein (Berlin, Mitteldeutschland, Norddeutschland, NRW, Südwest-Deutschland, Bayern). Die Netzsinseln sollen dann sukzessive zu einer bundesweiten Infrastruktur zusammenwachsen. Alle Übertragungskanäle sind gemäß internationalem Verteilungsplan belegt. Freie Ressourcen sind in Deutschland nicht vorhanden. Dies bedeutet, dass die Einführung von DVB-T mittelfristig den Ausstieg aus der analogen terrestrischen Fernsehverbreitung bedeutet (Deutsche TV-Plattform e.V. 2001).

Tabelle 3.4-11: Auf dem Markt in Deutschland erhältliche digitale Empfangsgeräte

| Systeme im Markt | Anbieter | Betreiber | Dienste |
|--|--|---|---|
| d-box (Satellit) | Nokia, Grundig, Galaxis, Philips, etc. | Kirch Gruppe | Pay-TV, verschiedene Pakete (Sport, Spielfilme), PPV |
| Mediavision (d-box für Kabel) | s.o. | Telekom und Kirch Gruppe | s.o., zusätzlich: Fremdsprachenprogramme |
| F.U.N.-Boxen ³¹ (Satellit) | s.o. | ARD, ZDF, RTL, Pro7, SAT1, | Free-TV, Vollprogramme (Simulcast) und Spartenprogramme (nur digital) |
| Zapping-Boxen (Satellit) | s.o. | Zapping-Boxen sind Common Interface-Boxen, die den Empfang mehrerer Pay-TV-Angebote erlauben, weil sie über Einsteckplätze für die Verschlüsselungsmodule der Sender verfügen. Diese Modelle gibt es in Deutschland erst seit kurzem. Das Premiere-World-Angebot konnte bislang ausschließlich über die d-box empfangen werden. | |
| DVB-T-Boxen ³² (terrestrisch) | s.o. | Öffentl.-rechtliche Sender und teilw. kommerzielle | Free-TV, Vollprogramme (Simulcast) und Spartenprogramme (nur digital) |

Im Januar 2001 hat die ARD (2001) bei einer Pressekonferenz erste Ergebnisse einer Repräsentativbefragung unter Nutzern des digitalen Fernsehens vorgestellt; diese wurden zugleich in Beziehung gesetzt zu Ergebnissen der letzten Befragungswelle der Langzeitstudie „Massenkommunikation“, die im Herbst 2000 durchgeführt wurde.

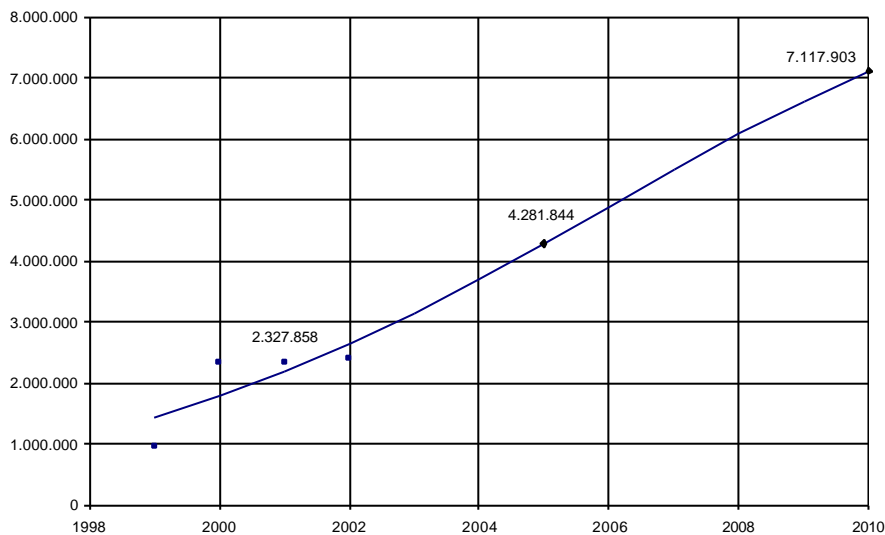
Danach nutzen derzeit nur etwa 6 % der Haushalte digitales Fernsehen. Dies bedeutet, dass etwa 2,3 Mio. entsprechende Empfangsgeräte installiert sind. Nach Experteneinschätzung (u. a. DocuWatch Digitales Fernsehen 2001) gibt es derzeit

³¹ Im Januar 1999 schlossen sich verschiedene Endgeräte-Hersteller, TV-Sender (darunter die ARD), Medienfirmen und Satellitenbetreiber zum Free Universe Network (F.U.N.) zusammen, einer Allianz, die sich als Zweckbündnis zur Einführung des digitalen Fernsehen sieht und unter deren Namen eigene Decoderboxen produziert und vertrieben werden (vgl. www.fun-tv.de, www.galaxis.de). Die F.U.N.-Boxen können alle digitalen Angebote der öffentlich-rechtlichen und der kommerziellen Sender darstellen. Für das inzwischen zu „Premiere World“ umfirmierte DF1 fehlt ihnen aber das CA- (= Conditional Access) Modul. Nutzer des digitalen Fernsehens müssen sich deshalb momentan zwischen Pay-TV und Free-TV entscheiden oder aber zwei unterschiedliche Set-Top Boxen kaufen bzw. mieten.

³² DVB-T: Digital Video Broadcasting Terrestrial

kaum Hinweise auf eine deutliche Beschleunigung der Ausbreitung. Der Empfang digitalen Fernsehens ist die Hauptfunktion von Set-top-Boxen. Darüber hinaus bieten sie aber auch die Möglichkeit, das Fernsehen in ein universelles Multimedia- und Internet-Medium und insofern auch zu einem neuen integrierten Endgerät zu wandeln. Im Bereich der Unterhaltungselektronik zeigen aber Erfahrungen aus der Vergangenheit, dass Nutzer keine deutlich stärkere Integration der Endgeräte wünschen, weil dies den individuellen Nutzungskontexten nicht entspricht. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass die Verbreitung von Set-top-Boxen vor allem durch die Nutzung für den Fernsehempfang bestimmt wird. So wird im Rahmen dieser Studie davon ausgegangen, dass bis 2005 knapp über 4 Mio. und bis 2010 etwa 7 Mio. Haushalte digitales Fernsehen in Deutschland nutzen werden³³.

Abbildung 3.4-4: Entwicklung der Zahl der Set-top-Boxen bis 2010



Quelle: ACTA, eigene Berechnungen

³³ Während digitales Fernsehen heute in fast allen Fällen über eine eigene Set-Top-Box genutzt wird, ist bis 2010 davon auszugehen, dass auch Satellitenempfänger die Funktion des Dekodierens erfüllen können und dazu mit einem Steckplatz für die entsprechende Codekarte ausgerüstet sein werden. Daher muss angenommen werden, dass in einem Teil der Haushalte digitales Fernsehen direkt über den Satellitenempfänger genutzt wird. Dieser den Bestand an Geräten senkenden Entwicklung stehen die Bestrebungen gegenüber, auch die bisher terrestrisch und per Kabel mittels analoger Technik verbreiteten Programme mit digitaler Technik zu übertragen. Die dann zum Empfang notwendigen Receiver werden mit großer Wahrscheinlichkeit zunächst als externe Geräte außerhalb der Fernsehgeräte realisiert werden. Da über die Verbreitung dieser Technologien keine verlässlichen Prognosen vorhanden sind wurde für diese Studie davon ausgegangen, dass sich die die Bestandentwicklung dämpfende Verbreitung von digitalen Satellitenempfängern und der den Bestand an Set-Top-Boxen steigernde Technologiewechsel bei Kabel und terrestrischer Verbreitung die Waage halten und die Anzahl der Set-Top-Boxen insgesamt im Wesentlichen der Anzahl der Nutzer digitalen Fernsehens entspricht. Für eine differenzierte Darstellung vgl. Beckert (2002)

LNB

Für den Empfang von Satellitensignalen über Satellitenempfänger des analogen sowie digitalen Fernsehens sind LNBs (Low Noise Blochdown Converter) nötig. Sie verstärken das Signal bevor es zum Empfänger geleitet wird. Die LNBs werden vom Satellitenreceiver mit Strom versorgt. Die Anzahl der LNBs entspricht der Zahl der Satellitenreceiver.

Exkurs: Zukünftige strukturelle Entwicklung des Fernsehens in Deutschland

Für die nächsten Jahre sind insbesondere folgende *Einflussfaktoren auf die strukturelle Entwicklung* des Fernsehens relevant:

- **Die Marktstrategien der neuen Kabelnetzbetreiber:** Werden die neuen Investoren (Callahan, Klesch u. a.) sofort auf digital umstellen oder einen gleitenden Übergang mit parallelem Betrieb von analogem und digitalem TV (verlängerte Simulcast-Phase) favorisieren? Ersteres würde ein enormes Anwachsen von digitalen Set-top-Boxen im Markt bedeuten, weil diese dann entweder billig vermietet oder zu subventionierten Preisen verkauft werden würden. Ein gleitender Übergang zur Digitaltechnik hat dagegen einen langsameren Anstieg der Boxen im Markt zur Folge.
- **Kosten und Standardisierung der Set-top-Boxen:** Billige Boxen für den Satellitenempfang mit gutem Receiver, aber ansonsten beschränkten technischen Möglichkeiten, sind heute für ca. 150 € zu kaufen. Die Preisentwicklung in diesem Bereich wird die Verbreitung zu einem sehr großen Teil bestimmen. Im Kabelbereich können außer der d-box momentan keine anderen Boxen eingesetzt werden. Dies wird sich kurz- bzw. mittelfristig ändern (s. o.).

Im terrestrischen Bereich gibt es noch keine Boxen bis auf die, die in Pilotprojekten eingesetzt werden. Ein bundesweiter Ausbau von DVB-T-Angeboten wird allerdings geplant und insbesondere von den öffentlich-rechtlichen Sendern forciert.

Der Standard „Multimedia Home Platform (MHP)“ soll garantieren, dass mit einer Set-top-Box alle Programme empfangen und vielfältige Zusatzdaten und -dienste genutzt werden können. Technisch ist die Multimedia Home Platform ein Software-Standard, der die Schnittstelle zwischen Betriebssoftware und Anwendungssoftware definiert. Die TV-Sender und Gerätehersteller haben sich darauf geeinigt, ab Mitte 2002 Dienste und Technik nach dem MHP-Standard einzuführen. Laut Branchenkennern wird dies aber nicht vor 2003 gelingen (VDI 2002). Die Betreiber von Kabelfernsehnetzen haben sich noch nicht auf die Einführung des MHP-Standards verständigt.

- **Die digitalen Strategien der öffentlich-rechtlichen Sender:** Die Frage ist, ob die Spartenkanäle der öffentlich-rechtlichen Sender (Theater, Kultur, Klassiker) und ihre interaktiven Zusatzangebote (ARD Online-Kanal und Bookmark-

Funktion für das ARD-Programm) viele Zuschauer zum Umsteigen auf die digitale Technik motivieren können. In der Vergangenheit haben sie dies nicht getan (Frage des Zusatznutzens und der Attraktivität des digitalen Angebots).

- **Die allgemeine Nachfrage nach digitalem Vielkanalfernsehen** bzw. digitalem Pay-TV sowie nach zusätzlichen Diensten, die nur auf der digitalen Plattform realisiert werden können (z. B. Highspeed-Internet, interaktive TV-Dienste). Die Erfahrungen mit der schleppenden Verbreitung von Premiere World und der insgesamt geringen Nachfrage nach zusätzlichen TV-Diensten in Deutschland sind enttäuschend.
- **Der politisch avisierte analoge Switch-off im Jahr 2010:** Die „Initiative Digitaler Rundfunk“ der Bundesregierung will analoge TV- und Radioübertragung bis zum Jahre 2010 auf allen Transportwegen abschalten, sofern eine ausreichende Marktpenetration mit digitalen Geräten vorhanden ist. Dazu gibt es Koordinationsgremien und Arbeitskreise, deren Ziel es ist, den Umstieg zu planen. Beteiligt sind Sender, Technikhersteller, Netzbetreiber (Satellit, Kabel, Terrestrik), Bund und Länder. Es gibt jedoch keine „harte“ Vorgabe, d. h. 2010 ist ein relativ unverbindliches Datum, eine Soll-Zahl. Erst wenn mehr als 90 % der Haushalte digitales Fernsehen technisch empfangen können, wird die analoge Übertragung abgeschaltet. Ansonsten wird die Frist verlängert. Als erster deutscher Ballungsraum soll Berlin-Potsdam bis Ende 2003 vollständig auf die digitale terrestrische Fernsehübertragung umgestellt werden (Vereinbarung der Medienanstalt Berlin-Brandenburg mit der ARD, dem ORB, dem SVB, dem ZDF, ProSieben Sat1, Media und RTL Television vom 13. Februar 2002).
- **Revival der Hausantenne im digitalen TV-Zeitalter?** Beim digitalen terrestrischen Fernsehen (DVB-T) können im Unterschied zum analogen Übertragungsverfahren per Hausantenne nicht nur 3-6 Programme, sondern 10-20 Programme übertragen werden. Dies kann langfristig zu Substitutionseffekten führen, v. a. dann, wenn die neuen Eigentümer der Kabelnetze die Kabelgebühren stark erhöhen und die Zuschauer auf die Hausantenne ausweichen. Dort gibt es dann zwar nicht 150 Programme in 10 verschiedenen Paketen und auch keine interaktiven Angebote, aber es gibt die öffentlich-rechtlichen und die kommerziellen Sender ohne Zusatzkosten.
- **Zusatzdienste zum digitalen Fernsehen:** Man muss hier unterscheiden zwischen reinen TV-Zusatzdiensten (PPV, EPG³⁴, Online-Kanäle), und solchen Diensten, die über die technische TV-Infrastruktur möglich werden (z. B. Internet über Kabel, Kabeltelefonie, Online-Push-Dienste), die aber mit Fernsehen im herkömmlichen Sinne nicht mehr viel zu tun haben. Im ersten Fall handelt es sich um zusätzliche Vertriebsformen von Fernsehen, um Navigationstools und um programmbegleitende Informationen. In diesem Bereich kann eine starke Dynamik beobachtet werden. Die Verbreitungsaussichten sind direkt an die Ver-

³⁴ Electronic Programme Guide

breitung digitaler TV-Bouquets gekoppelt. Bei den anderen Zusatzdiensten ist es etwas schwieriger, weil hier etablierte Player (TV-Sender, Kabelnetzbetreiber) in einem Bereich tätig werden, in dem sie bisher über keine Erfahrungen verfügen (Internet Service, Online im weitesten Sinne und Telekommunikations-Dienste).

Die Prognosen, die es zu beiden Bereichen gibt, sind allerdings in Bezug auf Markt- oder Nachfragezahlen mit Vorsicht zu betrachten. Hier gehen wir davon aus, dass die Entwicklung in den nächsten 2 bis 3 Jahren keine grundlegenden Veränderungen der TV-Landschaft bewirken wird. Die Entwicklung und Verbreitung von Premiere World in den letzten Jahren hat keine entscheidenden Impulse für (interaktive) Zusatzdienste über die digitale TV-Plattform gegeben. Auch in Zukunft ist dies nicht zu erwarten. Ausdrücklich ausgenommen von dieser eher pessimistischen Einschätzung ist die Entwicklung, die sich beim Kabel-TV zeigt. Machen die neuen Investoren ihre Pläne wahr, dann kann von dieser Seite tatsächlich Neues kommen. Und zwar nicht so sehr wie bei Premiere World bei den TV-begleitenden Zusatzdiensten, sondern in der zweiten Kategorie der Zusatzdienste, der Online- und TK-Angebote. Hier ist momentan viel in Bewegung, die Strategien sind unklar und entsprechend schwierig sind die Prognosen.

- **Speicherung und Personalisierung:** Zukünftige Set-top-Boxen können mit eingebauten oder externen Festplattenspeichern laufende Sendungen aufzeichnen und gleichzeitig ein anderes Programm wiedergeben. Sie werden sogar in der Lage sein aus den verschiedensten Programmanbietern nach bestimmten Kriterien automatisch ein eigenes Programm zusammenzustellen. Dieses kann danach zeitverschoben wiedergegeben werden (Personal Videorekorder PVR).
- **Mobile oder portable Nutzung:** Die digitale terrestrische Verbreitung von Informationen (DVB-T) wird vor allem im Hinblick einer mobilen und andererseits multimedialen Nutzung liegen. Die Kombination von einem mobilen breitbandigem Vorwärtskanal des DVB-T und einem schmalbandigem Rückwärtskanal zum Beispiel über GSM könnte neue Datendienste ermöglichen.
- **Konvergenz Fernseher und STB:** Verschiedene Anbieter (z. B. Loewe und Grundig) bieten Geräte an, in die Set-top-Boxen (STB), digitale Videorekorder und auch DVD-Player integriert sind. Zumindest was die STBs angeht, wird es noch lange dauern, bis solche integrierten Geräte eine größere Verbreitung finden. Zu viele Fragen sind noch offen (MHP³⁵-Ausgestaltung, Common-Interface, etc.), als dass es sich hier wirklich um zukunftssichere Geräte handelte. Entsprechend gering ist der Zuspruch bei den Konsumenten.

Insgesamt gilt hier, dass alles, was „TV-affin“ ist, schneller in das TV-Gerät integriert werden wird als das, was aus der Online-Welt bekannt ist. DVD-Player und Digitale Videorekorder haben daher eine größere Chance, in den Fernseher integriert zu werden als solche neuen Dienste, die der Online-Welt entstammen (E-Mail,

³⁵ Multimedia Home Platform

WWW, Push-Dienste, aber auch T-Commerce). Auf die Geräte bezogen heißt dies, dass die Integration z. B. von Kabelmodems in die STB und dann in das TV-Gerät wohl nicht so schnell kommt.

Prinzipiell ist es nach wie vor so, dass Fernsehen und Internet zwei verschiedene Welten sind, die nur in Teilbereichen zusammenwachsen und die momentan nur für eine kleine Gruppe von Nutzern von Interesse sind.

3.4.3 Netzinfrastruktur in Büros

Es existieren nur wenige Statistiken und Marktübersichten zur Ausstattung deutscher Unternehmen mit Geräten zur Datenkommunikation; das existierende Datenmaterial ist darüber hinaus meist nicht frei zugänglich. Deshalb wird im Folgenden der Versuch unternommen, aus den vorhandenen Daten und Experteneinschätzungen diesen Bestand hochzurechnen.³⁶ Wir gehen dabei u. a. davon aus, dass die Ergebnisse einer schweizerischen Studie zur Serververteilung auf Deutschland (Gubler/Peters 2000; Huser 2002) übertragbar und bezüglich der Branchen und der gleichen Beschäftigungsgrößenklasse repräsentativ ist.

Server

Server sind Computer im Netzwerk, die anderen Rechnern Dienste zur Verfügung stellen. Diese Dienste können z. B. eine Datenbank, Festplatten-Platz oder ein Drucker sein. Im Zuge der Dezentralisierung der Datenverarbeitung nehmen Server heute eine zentrale Rolle in der betrieblichen Datenverarbeitung ein. Ihre Zahl hat deshalb in den vergangenen Jahren auch stark zugenommen. Experten gehen auch in den kommenden Jahren von einem weiteren Wachstum vor allem der Low-end Server aus, die für den Einsatz in kleineren Arbeitsgruppen als Datei-, Druck-, Internet-Access und Anwendungsserver vorgesehen sind (Huser 2002).

Die folgende Hochrechnung basiert auf einer repräsentativen Umfrage, welche im Jahre 2000 400 Unternehmen in der deutschen Schweiz über ihre Serverausrüstung und ihre Bereitschaft zum automatischen Ausschalten der Server befragte (Gubler/Peters 2000). Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Verhältnisse in deutschen Unternehmen nicht wesentlich von diesen Werten abweichen. Detailliertere Angaben zur Hochrechnungsmethode sind in Anhang A1.3 zu finden.

³⁶ Um genauere Bestandszahlen über die Netzinfrastruktur bei deutschen Unternehmen zu ermitteln, müsste eine repräsentative Umfrage durchgeführt werden, um u. a. folgende Größen zu ermitteln: Branchenzugehörigkeit, Beschäftigtenzahl (oder andere Kenngröße zur Unternehmensgröße), Anzahl der Computerarbeitsplätze, Anzahl der Server in bestimmten Größenklassen, Anzahl der installierten aktiven und passiven Netzwerkkomponenten und deren Austauschrate, Vorhandensein und Größe einer unterbrechungsfreien Stromversorgung, Klimatisierung der Serverräume.

Im Rahmen dieser Umfrage wurde u. a. die Anzahl der Arbeitsstationen pro Server bestimmt. Es zeigte sich, dass die Anzahl der Arbeitsstationen pro Server mit steigender Anzahl Server im Unternehmen abnimmt (Tabelle 3.4-12). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in größeren Unternehmen die Anzahl zentraler Applikationen überproportional zunimmt.

Tabelle 3.4-12: Anzahl der Arbeitsstationen pro Server in Unternehmen

| Anzahl Server | Anzahl Arbeitsstationen pro Server | Anzahl untersuchte Betriebe |
|---------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 12,8 | 183 |
| 2 | 11,2 | 94 |
| 3 | 12,0 | 42 |
| 4 | 13,3 | 37 |
| 5 | 10,6 | 16 |
| 6 | 11,0 | 6 |
| 7 | 5,8 | 3 |
| 8 | 16,8 | 5 |
| 10 | 7,3 | 3 |
| 11 | 7,3 | 1 |
| 12 | 7,2 | 3 |
| 15 | 6,1 | 3 |
| 20 | 7,0 | 1 |
| 22 | 5,7 | 1 |
| 25 | 9,0 | 1 |

Quelle: Huser 2002

Weiterhin wurde angenommen, dass Kleinunternehmen (VSE, <10 Mitarbeiter) keinen Server und kein Computernetzwerk betreiben. Die Infrastruktur für die Datenkommunikation dieser Unternehmen ist vielmehr über die Zahl der Internet- bzw. Breitbandanschlüsse bereits vollständig erfasst (vgl. Abschnitt 3.4.1).

Aus der „Leseranalyse Entscheidungsträger“ (BAC 2001c) ist der Ausstattungsgrad von Unternehmen mit einem „PC-Server“ bekannt, wobei angenommen wurde, dass solche Unternehmen auch über ein EDV-Netzwerk verfügen.

Die Branchen der deutschen Wirtschaft müssen darüber hinaus getrennt betrachtet werden, da der Anteil der Büroarbeitsplätze je nach Branche und Größe des Unternehmens höchst unterschiedlich ausfällt. Für die Anzahl der Arbeitsstätten wurden die Angaben des Statistischen Bundesamtes herangezogen. Angaben zum Anteil der Schreibtischarbeiter, segmentiert nach Branchen und Größenklassen der Unternehmen, liegen aus der Marktforschung vor. Mit Hilfe dieser Daten wird die Anzahl

der Server pro Branche und Beschäftigungsgrößenklasse hochgerechnet (zum genauen Vorgehen siehe Anhang 1.3) In der Summe erhält man für 2001 einen Bestand von 989 359 Servern in Deutschland.

Diese Zahl stimmt gut mit den von EITO ermittelten Verkaufszahlen überein, wenn man davon ausgeht, dass Server etwa alle 3 Jahre ausgetauscht und erneuert werden müssen. EITO ermittelt Verkaufszahlen für drei Preiskategorien von Servern, wobei 90 % der untersten Preiskategorie zugeordnet sind und maximal 1 % der obersten (Tabelle 3.4-13).³⁷ An dieser Verteilung wird sich aller Voraussicht auch bis 2010 nichts Wesentliches ändern.

Tabelle 3.4-13: Entwicklung der Verkaufszahlen von Servern für Deutschland, 2000 bis 2002

| Server | 2000 | 2001 | 2002 (Schätzung) |
|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| high-end server (>1M\$) | 896 (0,4 %) | 876 (0,3 %) | 856 (0,3 %) |
| mid-range server (100k\$-1M\$) | 23 736 (9,6 %) | 26 164 (9,2 %) | 28 757 (8,8 %) |
| low-end server (bis 100k\$) | 221 868 (90,0 %) | 256 453 (90,5 %) | 297 535 (90,9 %) |

Quelle: EITO 2002, eigene Zusammenstellung

Router

Schwierig ist wegen der unbefriedigenden Datenlage auch die Bestimmung der Zahl der in Deutschland installierten Router. Deren Funktion besteht darin, zwei räumlich getrennte Netzwerke oder Netzwerke mit unterschiedlichen Protokollen miteinander zu verbinden. Dies bedeutet, dass in jedem Unternehmen mit einem EDV-Netzwerk auch mindestens ein Router installiert sein muss, der die Verbindung mit der Außenwelt herstellt.

Darüber hinaus wird aber auch immer ein Router installiert werden, wenn Teilnetze logisch voneinander getrennt werden. Dies ist immer dann der Fall, wenn z. B. aus

³⁷ Da diese Aufteilung für die Ermittlung des Strombedarfs zu unscharf ist, da sich die Leistungsaufnahme der Geräte innerhalb dieser Kategorie beträchtlich unterscheidet, wird die unterste Preiskategorie nach EITO für die Zwecke dieser Untersuchung nochmals unterteilt in Server <24,9 k€ und Server zwischen 25 und 99,9 k€. Die Aufteilung erfolgt in Anlehnung an die von Roth et al. (2002) für die USA gewählte Aufteilung, wonach knapp 90 % der Server des untersten Preissegments <24,9 k€ zuzurechnen sind. Die beiden oberen Preiskategorien nach EITO werden hingegen zusammengefasst. Die für diese Studie gewählte Aufteilung von Servern ist Tabelle 3.4-16 zu entnehmen. Der Anteil der High-End-Server wird trotz sinkender Absatzzahlen mit 1 % angenommen, da (1) noch ein vergleichsweise großer Anteil älterer Geräte installiert ist und (2) eine Rezentralisierungstendenz in der IT-Infrastruktur beobachtet werden kann. Dies wird voraussichtlich zu einer Stabilisierung des Anteils der High-End-Server führen.

Sicherheitsgründen nur ein beschränkter Benutzerkreis im Unternehmen auf bestimmte Anwendungen oder Daten zugreifen kann. Dies führt insbesondere bei Banken und Versicherungen, aber auch bei Telekommunikationsunternehmen zu einer hohen Zahl von installierten Routern pro Arbeitsstätte. Im Rahmen dieser Studie wird davon ausgegangen, dass Unternehmen mit 50 bis 499 Mitarbeitern drei und Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern fünf Router betreiben. Mit Hilfe dieser Daten wird die Anzahl der Router pro Branche und Beschäftigungsgrößenklasse hochgerechnet (siehe auch Anhang 1, Tabelle A.1.1). In der Summe erhält man für 2001 einen Bestand von 1304 546 installierten Geräten in Deutschland. Diese teilt sich wie folgt auf die verschiedenen Unternehmensgrößenklassen auf (Tabelle 3.4-14):

Tabelle 3.4-14: Ausstattung von Büros mit Routern (2001)

| | KMU (10-49 MA) | KMU (50-499 MA) | Großunternehmen (über 500 MA) |
|----------------------|---------------------------|----------------------------|--|
| Anzahl Router | 194 095 | 492 010 | 618 441 |

Hubs und Switches

Grundsätzlich sind Computer und Peripheriegeräte über einen Hub oder Switch in ein (Unternehmens-)Netzwerk eingebunden. Dabei ist die Anzahl der in einem Unternehmen benötigten Hubs und Switches nicht nur von der Zahl der zu bedienenden Arbeitsplatzrechner, sondern auch von der Netzwerkarchitektur und den baulichen Gegebenheiten abhängig. Schließlich können an typische Hubs 12, 24 oder 48 Arbeitsplatzrechner angeschlossen werden. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitern pro Arbeitsstätte durchschnittlich 1 bis 2 Hubs oder Switches installiert haben.³⁸ Bei Unternehmen mit mehr als 50 Mitarbeitern wird hingegen angenommen, dass für jeden Schreibtischarbeitsplatz, jeden Drucker³⁹ sowie für jeden Server und Router ein Hub-Port benötigt wird. Mit Hilfe dieser Daten wird die Anzahl der Ports in Hubs und Switches pro Branche und Beschäftigungsgrößenklasse hochgerechnet. In der Summe erhält man für 2001 einen Bestand von 15 817 022 installierten Ports in Hubs und Switches in Deutschland. Diese Zahl erscheint im Vergleich zu der von Roth et al. (2002) für die USA verwendeten Wert von 93,5 Mio. Hub-Ports plausibel. Differenziert nach Unternehmensgrößenklassen ergibt sich folgendes Bild:

³⁸ Die in diesen Unternehmen verwendeten Hubs und Switches dürften eher der unteren Leistungskategorie angehören. Es wurde deshalb von 12 Ports pro Hub bzw. Switch ausgegangen.

³⁹ Für Drucker liegen keine nach Unternehmensgrößenklassen differenzierten Ausstattungsgrade vor. Deshalb wurde hier angenommen, dass 69,97 % aller Drucker auch an ein EDV-Netzwerk angeschlossen sind.

Tabelle 3.4-15: Ausstattung von in Büros mit Netzverteilern (2001)

| | KMU (10-49 MA) | KMU (50-499 MA) | Großunternehmen (über 500 MA) |
|---|---------------------------|----------------------------|--|
| Anzahl der Ports in Hubs und Switches⁴⁰ | 3 493 715 | 6 204 914 | 6 118 393 |

Beim weitaus größten Teil dieser Geräte dürfte es sich um die einfacheren Hubs handeln, die bis vor kurzem als Standardnetzwerkkomponenten galten. In den vergangenen Jahren wurden sie allerdings verstärkt durch die „intelligenteren“ Switches abgelöst, an die nicht nur Endgeräte angeschlossen werden können, sondern die auch komplette Netzwerke miteinander verbinden, also auch Funktionen eines Routers übernehmen.

Entwicklung bis 2010

Nachdem bereits in den Jahren 1999 und 2000 die Umsätze im weltweiten Servermarkt nur noch gering gewachsen sind, hat Wilkens (2002) für das erste Quartal 2002 – wegen der problematischen wirtschaftlichen Lage – für das zweite Quartal in Folge einen Rückgang festgestellt. Für die kommenden Jahre wird zwar mit weiter wachsenden Zahlen für Server und Netzwerkkomponenten gerechnet, allerdings mit deutlich geringeren Wachstumsraten. Nachdem dieser Markt in den vergangenen Jahren mit durchschnittlich 12 bis 15 % gewachsen ist, wird für die kommenden Jahre mit einem durchschnittlichen Wachstum von nur noch 5 % gerechnet.⁴¹ Damit ergibt sich die in Tabelle 3.4-16 dargestellte Entwicklung bei der installierten Netzinfrastruktur in Büros.

⁴⁰ Die für den Anschluss von Druckern benötigten Ports wurden nach dem Anteil der Arbeitnehmer mit Büroarbeitsplatz auf die einzelnen Unternehmensgrößenklassen aufgeteilt.

⁴¹ Nachdem bereits in den Jahren 1999 und 2000 die Umsätze im weltweiten Server-Markt nur noch schwach gewachsen sind waren, ist nach Gartner Dataquest ein Rückgang von 5 % im ersten Quartal 2002 festzustellen.

Tabelle 3.4-16: Abschätzung des Bestandsentwicklung der Netzinfrastruktur in Büros für die Jahre 2001, 2005 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Server | 989 359 | 1 202 572 | 1 534 820 |
| unteres Preissegment (<24,9k€) | 783 572 | 963 260 | 1 243 204 |
| mittleres Preissegment (25k€- 99,9k€) | 106 851 | 119 055 | 138 134 |
| oberes Preissegment (>100k€) | 98 936 | 120 257 | 153 482 |
| Ports in Hubs/Switches | 15 817 022 | 19 225 689 | 24 537 393 |
| KMU (10-49 MA) | 3 494 715 | 4 246 633 | 5 419 899 |
| KMU (50-499 MA) | 6 204 914 | 7 542 112 | 9 625 859 |
| Großunternehmen (>500 MA) | 6 118 393 | 7 436 944 | 9 491 635 |
| Router | 1 304 546 | 1 585 684 | 2 023 779 |
| KMU (10-49 MA) | 194 095 | 235 924 | 301 105 |
| KMU (50-499 MA) | 492 010 | 598 041 | 763 269 |
| Großunternehmen (>500 MA) | 618 441 | 751 719 | 959 405 |

Quelle: eigene Berechnung

USV

Die unterbrechungsfreien Stromversorgungen werden hauptsächlich in der Netzinfrastruktur eingesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass derzeit ca. 70 % der Server und Router mit einem solchen Gerät gegen Netzausfall abgesichert werden. Bei den Hubs und Switches hingegen nur 50 %. Insgesamt ist eine steigende Tendenz zu erwarten. Für das Jahr 2005 wird angenommen, dass alle Server und Router sowie 70 % der Hubs und Switches an eine USV angeschlossen sein werden. Weiter wird erwartet, dass sich die Tendenz bis zum Jahr 2010 fortsetzen wird, so dass dann 80 % der Hubs und Switches einen solchen Ausfallschutz aufweisen.

3.5 Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen

3.5.1 Fernmeldenetz-Infrastruktur

Bei den Telekommunikationsnetzen im Bereich des Festnetzes sind Fernnetze und Anschlussnetze zu unterscheiden. Die Fernnetze basieren heute fast ausschließlich auf Glasfaserkabeln als Übertragungsmedium. Kupferkabel sind hier nicht mehr im

Einsatz, und Satellitenverbindungen werden nur noch in Ausnahmefällen genutzt. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Weiterentwicklung der Übertragungssysteme sprunghaft entwickeln wird, beispielsweise wenn heutige elektronische durch optronische Systeme ersetzt werden. Bei durchgängig optischen Netzen sind nicht nur höhere Bandbreiten, sondern auch geringere Betriebskosten zu erwarten (Whyte 1999). Dabei zeichne sich seit einigen Jahren signifikant kürzere Innovationszyklen ab. Seit der Marktöffnung in den USA und Europa auf der Ebene der Festnetze in kurzer Zeit ein starker Wettbewerb herausgebildet, der zu sinkenden Preisen geführt hat. In den Jahren des Internetbooms (1999/2000) ist es auch zu einem starken Ausbau der Übertragungskapazitäten gekommen.

Die Entwicklung bei den Anschlussnetzen im so genannten Local Loop stellt sich grundsätzlich anders dar. Hier herrscht nur wenig Wettbewerb und der Teilnehmeranschluss aus Basis der Kupferdoppelader stellt weiterhin die dominierende Technologie dar. So wurden 2001 immer noch 97 % aller Telefonverbindungen über die Infrastruktur der Deutschen Telekom abgewickelt. Im Zuge der weiteren Liberalisierung wird sich hier aber in den kommenden Jahren ein dynamischer Wettbewerb entwickeln. Da insbesondere für den Local Loop in Zukunft mehrere Zugangstechnologien gleichzeitig existieren werden, gehen Branchenkenner zwar davon aus, dass es zu einer umfassenden Modernisierung der Anschlussnetze (Wechsel von leitungs- zu paketvermittelten Netzen) kommen wird, eine starke Ausweitung der Übertragungskapazitäten wie in den vergangenen Jahren erscheint aber wenig wahrscheinlich (vgl. u. a. Büllingen/Stamm 2000).

Daten für den Bereich der Informations- und Kommunikationsstruktur werden bei offiziellen Erhebungen des Statistischen Bundesamtes nicht berücksichtigt. Es kann aber auf Daten der *Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP)* zurückgegriffen werden. Obwohl die Ermittlung von statistischem Material nicht die originäre Aufgabe der RegTP darstellt, führt sie kontinuierliche Marktbeobachtung durch, deren Ergebnisse halbjährlich publiziert werden (RegTP 1999ff a/b, 2001a-d). Da die Netzbetreiber – außer im Falle eines anhängigen Verfahrens – nicht auskunftspflichtig sind, sind die von der RegTP publizierten Daten auf einem vergleichsweise hohen Aggregationsniveau. Die Anzahl der *Vermittlungsstellen* für 2001 ist in Tabelle 3.5-1 aufgeführt.

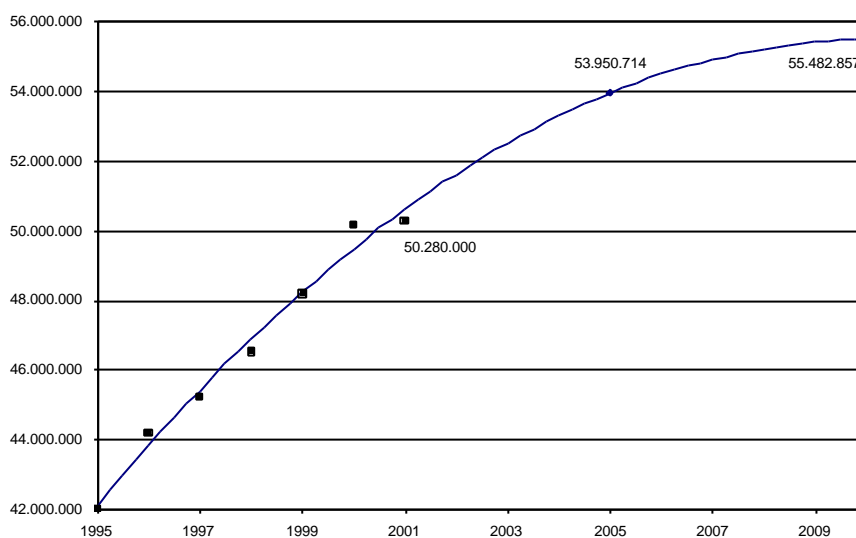
Tabelle 3.5-1: Festnetz-Infrastruktur (2001)

| | Anzahl |
|--|---------------|
| Ortsnetze | 5.200 |
| Anschlussbereiche/ Hauptverteiler (HVT) | 7.900 |
| Teilnehmervermittlungsstellen | 1.600 |

Quelle: RegTP

Bei der für die Abschätzung des Energiebedarfs relevanten *Anzahl der Telefonkanäle* ergibt sich für die Jahre bis 2010 die in Abbildung 3.5-1 dargestellte Entwicklung. Dabei wurde davon ausgegangen, dass sich das Wachstum in den kommenden Jahren stark abflacht.

Abbildung 3.5-1: Entwicklung der Zahl der Telefonkanäle im Festnetz bis 2010



Quelle: RegTP, eigene Berechnung

Darüber hinaus ist die Anzahl der DSL-Anschlüsse für den Energiebedarf der Telekommunikationsunternehmen von Bedeutung. Um den DSL-Kunden einen Zugang ins Internet zu ermöglichen, müssen in den Teilnehmervermittlungsstellen Modems eingebaut werden, die eine zusätzliche spezifische Leistungsaufnahme pro DSL-Kunde aufweisen (vgl. Abschnitt 3.4.1).

3.5.2 Mobilfunk-Infrastruktur

GSM-Infrastruktur

Aus den durchgeführten Interviews und den offiziellen Angaben der Netzbetreiber wurde der Bestand der Mobilfunk-Basisstationen ermittelt (Tabelle 3.5-2). Dabei ist zu beachten, dass es sich nicht um die einzelnen Funkzellen handelt - diese Zahl wäre ca. um den Faktor 2,3 höher -, sondern um die Anzahl der Standorte, an denen z. T. mehrere Funkzellen installiert sind. Die Entwicklung der Mobilfunknetze bis heute zeigt einen leicht exponentiellen Verlauf. Hierfür ist vor allem der Boom der Jahre 1999 bis 2001 verantwortlich, auf den die Betreiber mit besserer Netzabdeckung und mit Kapazitätsausbauten reagiert haben. Davor ist ein annähernd linearer

Verlauf zu erkennen (Abbildung 3.1-11). Die Prognose für 2010 stützt sich ebenfalls auf die im Fragebogen gewonnenen Informationen. Auf die Frage nach der Entwicklung der neu installierten GSM-Basisstationen ist tendenziell in Richtung einer Stagnation des Ausbaus geantwortet worden. Die Netze sind soweit präsent, dass sie ein ausreichendes Funkfeld flächendeckend anbieten können. Darum wird ein Rückgang der neu errichteten GSM-Funkzellen für 2003 erwartet. Hierfür spricht auch der enorme Investitionsbedarf in die UMTS-Netztechnik, um einen baldigen Netzstart zu ermöglichen. Bis 2005 muss laut Vorgabe der Regulierungsbehörde für Post und Telekommunikation das UMTS-Funkfeld 50 % der Bevölkerung erreichen (RegTP 2001d). Die schon im Netz eingespielten GSM-Erweiterungen wie HSCSD und GPRS benötigen bei den Basisstationen in der Regel keine neuen, stromverbrauchenden elektrischen Anlagen, sofern die eingesetzten Basisstationen auf diese Anforderungen umprogrammiert werden können. Bei älteren Baureihen, wie beispielsweise die Basisstation RBS200 von Ericsson, ist dies nicht möglich. In solchen Fällen kann die Station nicht umprogrammiert werden, sondern muss komplett getauscht werden. In der Vermittlungstechnik sind jedoch zusätzliche Geräte nötig. Allerdings ist ihre Zahl so gering, dass sie, auch für die Entwicklung bis 2010, vernachlässigt werden können.

Der quantitative Verlauf der eingesetzten Vermittlungstechnik wurde an die der Basisstationen gekoppelt. Zwar machten manche Netzbetreiber detaillierte Angaben zur Anzahl der einzelnen Komponenten, die zur Vermittlung von Gesprächen im Mobilfunk notwendig sind. Damit sind aber längst nicht alle eingesetzten Anlageanteile erfasst. Da die Vermittlungstechnik in konzentrierter Form nur über relativ wenige Standorte verteilt ist, wurden diese Lokalitäten zur genaueren Betrachtung herangezogen. Zwei Netzbetreiber machten Angaben zur Anzahl und dem Strombedarf dieser Standorte. Daraus ergibt sich ein ungefähres Verhältnis zwischen Basisstationen und Vermittlungstechnikstandorten. Es liegt für den untersuchten Bereich zwischen 200 und 280 Basisstationen pro Vermittlungstechnikstandort.

UMTS-Infrastruktur

Um eine Prognose für die Anzahl der UMTS-Basisstationen stellen zu können, wurden die Netzbetreiber in den durchgeführten Interviews danach gefragt, ob die Zahl der UMTS-Funkstationen, bei einer vergleichbaren Netzabdeckung wie bei der GSM-Technik, der der GSM-Basisstationen entspricht. In den Antworten wurde darauf hingewiesen, dass eine solche Abschätzung schwer möglich sei, da die Zelldichte nicht maßgeblich durch ein ausreichendes Funkfeld wie bei GSM, sondern in der Hauptsache durch die anfallende Verkehrslast bestimmt wird. Als Richtwert wurde jedoch eine 2 bis 3fach höhere Basisstationsdichte angegeben. Weiter ist zu beachten, dass beim UMTS-Netz zum derzeitigen Stand zwei Lizenznehmer mehr auftreten, nämlich sechs. Doch ist davon auszugehen, dass die Netzbetreiber Kooperationen eingehen und Netzkomponenten zum Teil gemeinsam nutzen werden, wie es bei den heutigen Mobilfunknetzen auch schon der Fall ist (z. B. T-Mobil und

O₂). Mit der Annahme, dass sich die größere Zahl der Lizenznehmer durch mehr Zusammenarbeit in Form von gemeinsam genutzten Netzkomponenten kompensiert, wird eine Entwicklung der UMTS-Technik analog zu der des GSM-Netzes angenommen. Zusammen mit der größeren Basisstationsdichte ergibt das für 2003 eine 2,5-mal höhere Anzahl an UMTS-Basisstationen, als die Zahl der GSM-Basisstationen, die im Jahr 1992 zum offiziellen Start der beiden D-Netze installiert worden waren (Tabelle 3.5-2). Entsprechend errechnet sich für das Jahr 2010 das 2,5fache an Basisstationen des entsprechenden Jahres 1999 der GSM-Technik. Der Verlauf zwischen diesen beiden Vorgabewerten verläuft exponentiell (Abbildung 3.1-11).

Für die Anzahl der Standorte der UMTS-Vermittlungstechnik wurde analog zu den GSM-Anlagen ein Verhältnis von 240 UMTS-Basisstationen pro UMTS-Vermittlungstechnikstandort angenommen (Tabelle 3.5-2).

Abbildung 3.5-2: Entwicklung und Prognose der Anzahl der Mobilfunkbasisstationen

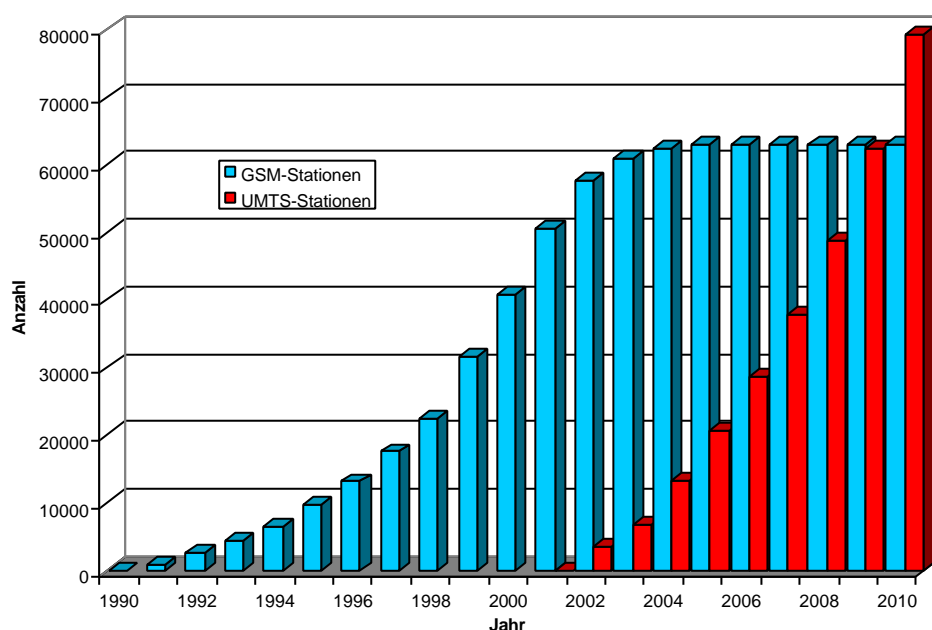


Tabelle 3.5-2: Entwicklung und Prognose der Anzahl der Infrastrukturkomponenten

| | Anzahl 2001 | Anzahl 2005 | Anzahl 2010 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| GSM Basisstationen | 50,7 Tsd. | 62,9 Tsd. | 63 Tsd. |
| GSM Vermittlungstechnikstandorte | 230 | 286 | 286 |
| UMTS Basisstationen | 0 | 20,6 Tsd. | 79,2 Tsd. |
| UMTS Vermittlungstechnikstandorte | 0 | 86 | 330 |

Koexistenz der Netze

In den Interviews wurde auch nach der Zukunft der Netze gefragt. Einstimmig antworteten alle Fachleute auf die Frage nach einer möglichen Koexistenz der beiden Netze, dass das vorhandene GSM-Netz auch weiterhin in diesem Umfang benötigt wird, um die Verkehrslast, die durch das Telefonieren anfällt, auch weiterhin tragen zu können. Ein Rückgang der Anzahl der GSM-Standorte ist bis 2010 daher nicht zu erwarten. Zwar laufen Ende 2009 die Lizenzen für die D-Netze aus (RegTP 2001d), doch ist mit einer Verlängerung aus den oben genannten Gründen zu rechnen (für die beiden E-Netze gehen die Laufzeiten bis Ende 2012 bzw. Ende 2016). Büllingen/Stamm (2001) gehen für den Bereich der Fern- und Anschlussnetze ebenfalls von dieser Koexistenz beider Netztechnologien aus.

Eine zusammenfassende Übersicht über die Entwicklung der Infrastruktur der Festnetz- und Mobilfunkanbieter ist Anhang A.1.4.5 zu entnehmen.

3.6 Data Centres

Für eine Aussage zum Bestand in den Jahren 2000 bis 2002 und mögliche Entwicklungen bis 2010 des Bestandes an Data Centres⁴² wird auf internationale Studien und interne⁴³ Betriebs- und Branchenperspektiven zurückgegriffen, die mehrheitlich aus den Jahren vor dem Einbruch der New Economy stammen und in den wenigsten Fällen weiter als 3-4 Jahre in die Zukunft blicken.

In einem ersten Branchenbericht aus dem Jahre 2000 wird die Ende 2000 weltweit bestehende Fläche an Data Centres⁴⁴ mit rund 2 Mio. m² angegeben, wovon 60 % auf die USA entfallen. Für Ende 2001 wurden 3 Mio. m² angegeben und davon 50 % in den USA. Bis 2005 wurde mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 50 % gerechnet, was im Jahre 2005 eine Fläche von 15 Mio. m² entsprechen hätte. Die Anzahl der Data Centres steigt danach weniger schnell von 480 im Jahre 2000 auf 600 in 2002, d. h. es wurde von einer Zunahme der durchschnittlichen Größe der Data Centres von 4000 m² auf 6000 m² ausgegangen. Die Größe des europäischen Markts wird auf 90 % des US-Marktes geschätzt, wobei die Entwicklung in Europa mit einem Zeitversatz von ungefähr zwei Jahren später erfolgen soll. Diese langsamere Entwicklung erklärt sich mit der langsameren Verbreitung der

⁴² Data Centres im engeren Sinn.

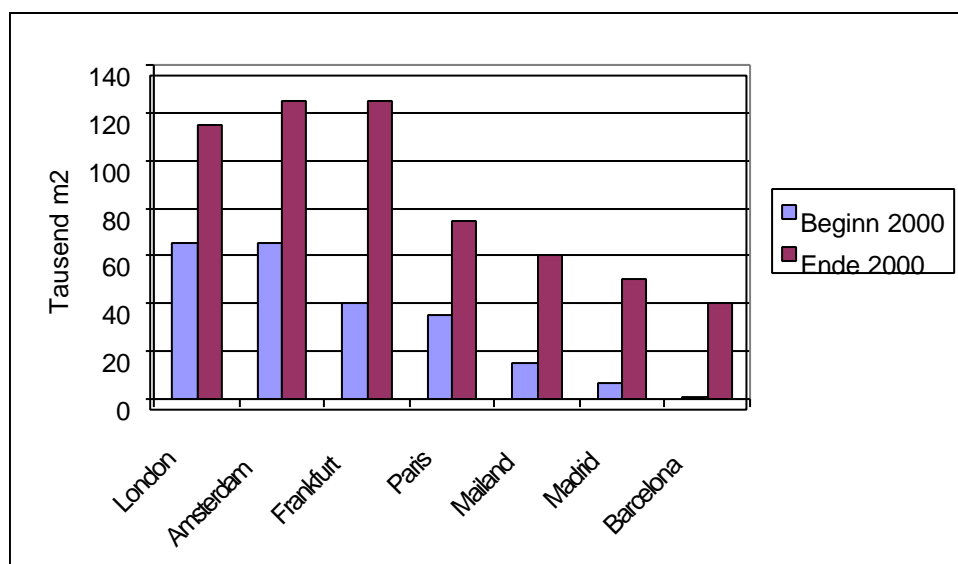
⁴³ Für diese Berichte sind aus Geheimhaltungsgründen keine Quellenangaben möglich.

⁴⁴ Eine Angabe der Anzahl von Data Centres als Maß für den Bestand macht wenig Sinn, da die Fläche zwischen zehn und mehreren zehntausend Quadratmetern variiert (die elektrische Leistung variiert zwischen 0,1 und einigen zehntausend kW).

Internetnutzung, mit dem langsameren Aufbau der Infrastruktur und mit dem gemächlicheren Einsatz von E-Commerce.

Ein zweiter Branchenbericht ebenfalls aus dem Jahre 2000 geht etwas näher auf die erwartete Entwicklung in Europa ein. Die Betriebsflächen von Data Centres im ersten Quartal 2000 und die erwartete Fläche Ende 2000 sind in Abbildung 3.6-1 zusammengefasst. Frankfurt ist mit London und Amsterdam der wichtigste Standort. Neben Frankfurt werden die folgenden Städte in Deutschland erwähnt: Berlin, München, Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Stuttgart, Nürnberg.

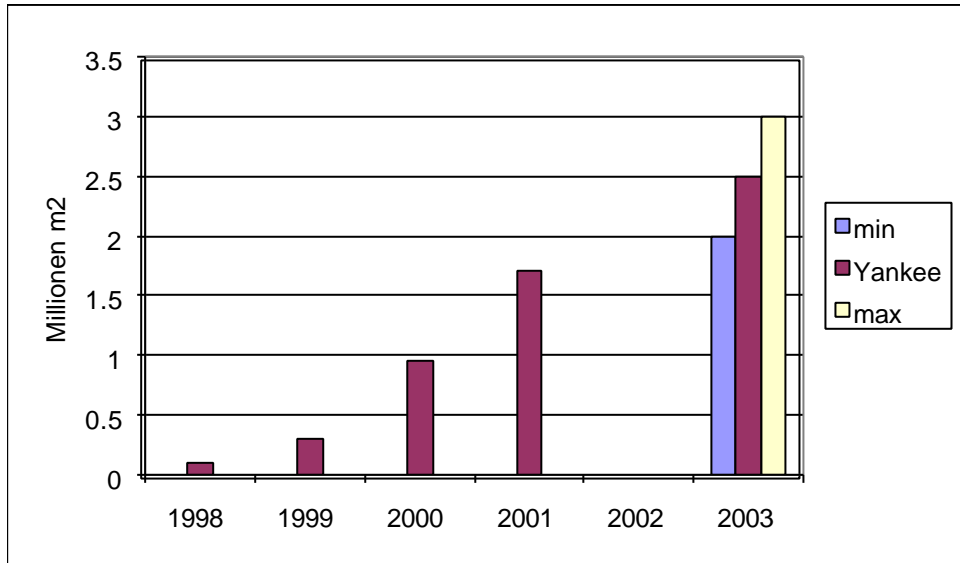
Abbildung 3.6-1: Im Jahre 2000 prognostizierte Entwicklung von Beginn bis Ende 2000 der betriebsbereiten Geschossflächen von Data Centres in europäischen Großstädten



Mitchell-Jackson (2001) gibt Daten und Prognosen (2001 und 2002) der Yankee Group⁴⁵ für die Flächenentwicklung 1998 bis 2003 der Data Centres in den USA an (Abbildung 3.6-2). Das durchschnittliche Wachstum in der Periode 1998-2001 von über 150 %/Jahr sinkt auf 20 %/Jahr in der Zeit 2001 bis 2003.

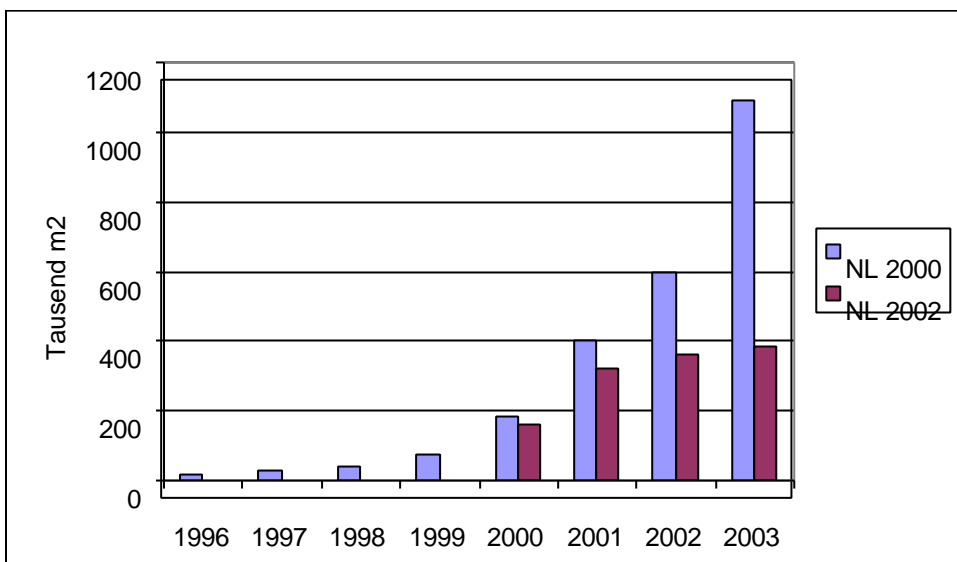
⁴⁵ Die Werte min und max für 2003 stammen aus (Koomey 2002).

Abbildung 3.6-2: Entwicklung der Geschossfläche von Data Centres in den USA



Hartkamp (2002) diskutiert die Entwicklung der Geschossfläche der Data Centres (inkl. Telecom Switches) in den Niederlanden aus der Sicht vor (2000) und nach (2002) dem Einbruch der New Economy. Das erwartete jährliche Wachstum zwischen 2001 und 2003 reduziert sich von 77 % pro Jahr (Situation vor Einbruch) auf 10 % pro Jahr (nach Einbruch der New Economy).

Abbildung 3.6-3: Entwicklung der Geschossfläche von Data Centres (und Telecom Switches) in den Niederlanden



Quelle: Hartkamp (2002)

Als Triebkraft für das Wachstum der Data Centres wird die im Rahmen der E-Commerce-Euphorie erwartete explosionsartige Nachfrage der Kunden nach IuK-Diensten angegeben. Bei der Entwicklung, Planung und Einrichtung der Data Centres wurde davon ausgegangen, dass die Kunden insbesondere die folgenden Charakteristika erwartet würden: sofort verfügbar, sicher, kostengünstig und kompetent.

Die Überschätzung der Entwicklung beruhte vor allem auf einer falschen Prognose des Wachstum von E-Commerce, E-Learning, E-Fun, E-Communication (z. B. UMTS). Möglicherweise hat aber auch ein Rückgang des Trends zur Auslagerung von Aktivitäten und Diensten (Outsourcing) beigetragen. Ein weiterer Grund für die Revision der Prognosen hin zu deutlich niedrigeren Wachstumsraten liegt mit großer Wahrscheinlichkeit auch im fehlenden Erfolg von Angeboten des Application Service Providing (ASP). Wenn diese Dienstleistungsangebote der Software-Bereitstellung erfolgreich gewesen wären, hätten sie große Server-Kapazitäten erfordert.

Die Infrastruktur für den Betrieb des eigentlichen Internets ist nicht die treibende Kraft für das Wachstum der Data Centres. Wachstumstreiber ist die geschäftliche Nutzung des Internets. Die Infrastruktur aus Glasfaserleitungen und den Vermittlungsgeräten (Routern) für den Betrieb des Internet ist weitestgehend vorhanden und auf Grund der Weiterentwicklung der Übertragungstechnik (vgl. Kap 5.1) heute z. T. stark überdimensioniert, insbesondere was die Datenübertragung über lange Distanzen in den sogenannten Backbones betrifft.

Outsourcing

In den neunziger Jahren nahmen einerseits die Fusionen und Übernahmen von Unternehmen stark zu und andererseits wurden Geschäftsaktivitäten, die nicht der Kernkompetenz des Unternehmens entsprechen, entweder ganz abgegeben oder ausgelagert. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien wird aus zwei Gründen eine besonders hohe Outsourcing-Rate beobachtet:

- die technologische Entwicklung ist extrem schnell und für die einzelnen Betriebe sehr aufwendig mitzuhalten.
- Der Arbeitsmarkt im Bereich von IuK ist ausgetrocknet und kompetente Mitarbeiter schwer zu finden bzw. zu halten (Friedewald et al. 2000).

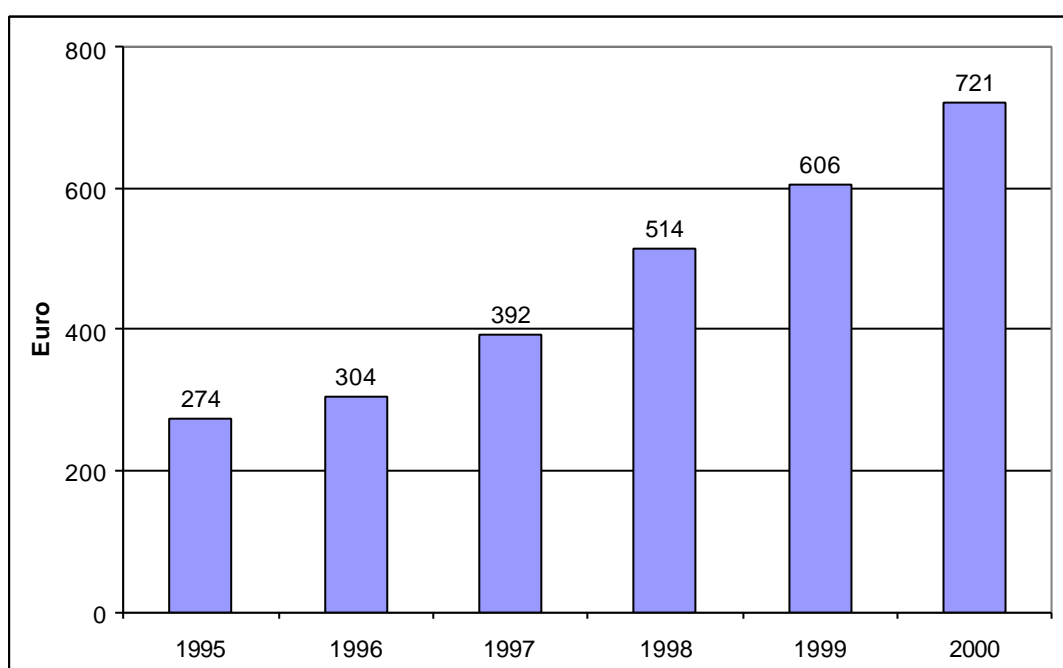
Hinzu kommt, dass in einem unsicheren Umfeld, das nicht der Kernkompetenz der meisten Betriebe entspricht, hohe Investitionen zurückhaltend getätigt werden.

MSM Research (Abbildung 3.6-4) zeigt steigende Entwicklungen für die Schweiz. Das Outsourcing-Volumen von 1 Mrd. CHF liegt in der Größenordnung von 30 % der Gesamtausgaben für IT Services (Bucher 2002) und bei rund 7 % der gesamten IT-Ausgaben (BFS 2002).

In einem Branchenbericht wird angegeben, dass in den USA über 40 % der Klein- und Mittelbetriebe mehr als 75 % ihrer Website „auswärts“ betreiben lassen; bei den Großbetrieben sind es nur mehr 20 %, aber über 60 % betreiben zwischen 10 und 50 % ihrer Website auswärts. Als wichtigste Gründe für Outsourcing werden genannt: Zeitbedarf für Marktzugang und „Performance“. Dagegen sprechen insbesondere Sicherheitsbedenken und Flexibilität.

In Brown (2001) wird die Mitteilung von Cope (2001) erwähnt, dass verschiedene führende Serverhersteller die Auslieferung an Endnutzer reduziert haben und dafür mehr an Dienstleistungsbetreiber vom Typ „Data Centres“ liefern (IBM, Dell, Compaq) oder den Absatz bei „Hosting Companies“ erhöht haben (Digex, Oracle).

Abbildung 3.6-4: Der IT-Outsourcing-Markt in der Schweiz



Quelle: MSM Research, 2000⁴⁶

Derzeit scheint das Pendel eher wieder etwas zurückzuschwingen und viele Unternehmen scheinen die Vor- und Nachteile einer Auslagerung von IuK-Aktivitäten detaillierter zu untersuchen – z. B. mittels einer vereinfachten Transaktionskostenanalyse (Grütter 2002) - und häufig zu einer differenzierten Entscheidung kommen. Der für die Anbieter von Server-Dienstleistungen schwierige Markt zeigt sich auch in den Prognosen von Dienstleistungsunternehmen dieser Branche. Beispielsweise

⁴⁶ Die Umrechnung der Daten von Schweizer Franken in Euro wurden mit dem Kurs von Ende August 2002 vorgenommen (1 € = 1,47 CHF).

gibt Raupp (2002) die Einschätzung von Colt-Telecom wieder, die von ihren 18 Web-Hosting Zentren in Europa mindestens 10 schließen wollen.

Übertragung der allgemeinen Überlegungen zu Data Centres auf Deutschland

Zum Bestand und zur Entwicklung der Data Centres in Deutschland konnte keine Untersuchung und keine veröffentlichte Statistik (beispielsweise eines Verbandes) gefunden werden. Auf Grund der eher negativen Erfahrungen in der Schweiz (Aebischer et al. 2002) wurde auf die Durchführung einer eigenen Erhebung (z. B. bei den potenziellen Unternehmen oder den Elektrizitätswerken) im Rahmen dieser Studie verzichtet. Um trotzdem eine Idee der Größenordnung der Geschossflächen von Data Centres in Deutschland zu erhalten, wird im Folgenden die Möglichkeit einer Übertragung der oben präsentierten internationalen Daten auf Deutschland diskutiert.

Eine Möglichkeit für die Übertragung auf Deutschland sind Indikatoren für die Internetinfrastruktur (Tabelle 3.6-1). Diese Indikatoren geben Auskunft über die Stellung von Deutschland im Hinblick auf die Internet-Infrastruktur, die in der Informationsgesellschaft eine zentrale Rolle spielt. Die Anzahl von Hosts, d. h. Computer mit Internet-Anschluss, und die Anzahl von Websites geben Aufschluss darüber, wie weit diese Infrastruktur in der Bevölkerung verbreitet ist. Die gesicherten Web-Server ihrerseits liefern einen indirekten Hinweis auf die Entwicklung des elektronischen Geschäftsverkehrs (E-Commerce).

Tabelle 3.6-1: Internationaler Vergleich von Indikatoren⁴⁷ für die Internetinfrastruktur

| | Hosts pro 1000 Einwohner (Juli 2001) | Websites pro 1000 Einwohner (mit gTLD, Juli 2000) | Gesicherte Web-Server pro Million Einwohner (Juli 2001) |
|----------------|--------------------------------------|---|---|
| Dänemark | 98,5 | 21,0 | 98,3 |
| Deutschland | 50,3 | 22,0 | 78,5 |
| Finnland | 183,3 | 7,2 | 127,6 |
| Frankreich | 27,2 | 4,3 | 33,3 |
| Italien | 40,4 | 6,1 | 22,1 |
| Japan | 48,2 | 1,6 | 62,8 |
| Kanada | 183,1 | 24,7 | 198,4 |
| Norwegen | 130,3 | 30,4 | 110,0 |
| OECD | 100,6 | 17,5 | 119,4 |
| Österreich | 84,1 | 10,8 | 108,9 |
| Portugal | 13,8 | 1,7 | 19,2 |
| Schweden | 177,0 | 19,3 | 142,4 |
| Schweiz | 74,1 | 16,9 | 191,8 |
| Spanien | 26,2 | 3,0 | 30,3 |
| USA | 275,3 | 46,5 | 315,3 |
| Großbritannien | 69,7 | 24,2 | 133,0 |

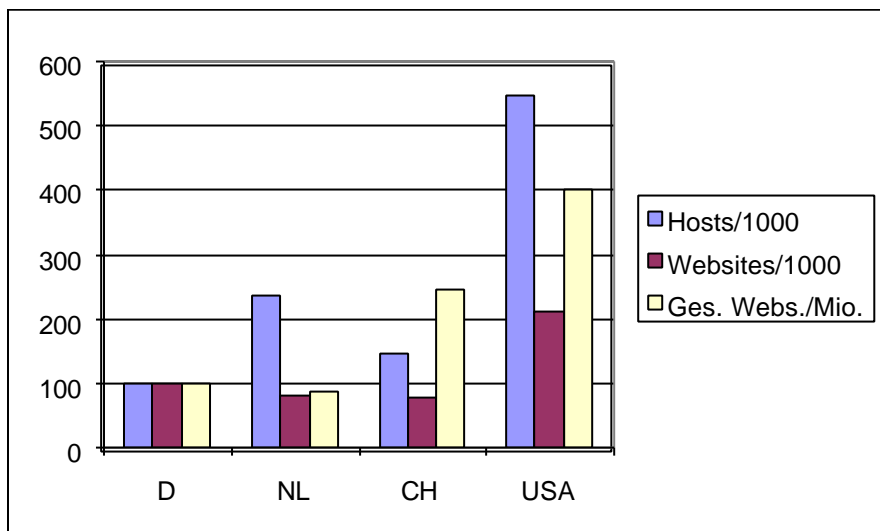
Quelle: BfS 2002

Von Interesse für einen Übertrag auf Deutschland ist insbesondere der Vergleich mit den USA, den Niederlanden und der Schweiz (Abbildung 3.6-5). Die gemittelten Werte dieser Indikatoren ergeben das folgende Verhältnis D:NL:CH:USA = 1:1.3:1.6:3.9. Beim Vergleich der Web-Sites mit eigener generic Top Level Domain (gTLD) ist jedoch einschränkend hinzuzufügen, dass in Deutschland (und auch in der Schweiz und in den Niederlanden) viele Web-Sites nur mit der country code Top Level Domain .de betrieben werden und damit nicht erfasst sind, während in den USA fast ausschließlich die generic Top Level Domains verwendet werden (wie z. B. .com; .org; .net oder .edu).

⁴⁷ • Host: Domain-Name (Top Level Domäne / TLD), dem eine IP-Adresse zugeordnet ist. Dies trifft auf alle EDV-Systeme zu, die (durch eine permanente oder intermittierende Verbindung, direkt oder durch das Fernsprechnet) an das Internet angeschlossen sind.

- Website: Dokumente, die den Internet-Benutzern/-Benutzerinnen auf einem Server zur Verfügung gestellt werden.
- Gesicherter Server: Server, bei dem das SSL-Protokoll zur Anwendung kommt.

Abbildung 3.6-5: Indikatoren für die Internetinfrastruktur und Internetnutzung, gemessen relativ zu Deutschland, in ausgewählten Ländern



Auch wenn die Verwendung dieser Indikatoren nur eine Näherungslösung darstellt, lässt sich daraus zumindest ein grober Anhaltspunkt für den Umfang der Geschossfläche für Data Centres in Deutschland gewinnen (Tabelle 3.6-2). Ausgehend von den Daten in den USA (Mitchell-Jackson 2001) lässt sich so eine Fläche von gut 100 000 m² errechnen. Die Schätzungen, die auf den Flächen in den Niederlanden und in der Schweiz basieren, liegen eine Größenordnung höher. Die Unterschiede könnten daraus resultieren, dass die Flächen in den Niederlanden und in der Schweiz nicht ausgelastet sind oder sogar leer stehen, wobei sich auch die Flächenangaben für die USA nicht nur auf die ausgelasteten Data Centres beziehen dürften. Eine andere Erklärung könnte sein, dass die Data Centre-Dichte in den Niederlanden und in der Schweiz tatsächlich höher ist als in den USA.

Tabelle 3.6-2: Schätzungen für die Geschossfläche der Data Centres (im engeren Sinn) in Deutschland

| Ausgangsdaten | Geschätzte Geschossfläche in Tsd. m ² | |
|-----------------------|--|------|
| | 2000 | 2001 |
| Mitchell-Jackson 2001 | 73 | 130 |
| Hartkamp 2002 | 622 | 1244 |
| Aebischer et al. 2002 | 1067 | -- |

Bei diesen großen Unsicherheiten schon für das Ausgangsjahr 2001 erscheint eine Quantifizierung der zeitlichen Entwicklung bis 2010 wenig sinnvoll. Interessant ist vielleicht die Aussage, dass bei einer Ausgangslage von 100 000 ein jährliches Wachstum von 25 % pro Jahr (heute erwartete Wachstumsraten) über eine Periode von 11 Jahren notwendig ist, um den oberen Schätzwert von einer Million m² zu erreichen; bei einem Wachstum von 70 % (um die Jahrtausendwende erwartete Wachstumsrate) wären es aber nur 4,5 Jahre.

4 Energiebedarf und Einsparpotenziale moderner Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland bis 2010

4.1 Energiebedarf der Endgeräte in Haushalten und Büros

Im Folgenden werden die im Berechnungsmodell für die IuK-Endgeräte in Haushalten und Büros zu Grunde gelegte Leistungsaufnahme in den drei Betriebszuständen sowie die jeweiligen Nutzungszeiten näher erläutert. Die ausführlichen Ergebnisse des Berechnungsmodells für die Haushalts-Endgeräte enthält Anhang 2.1.1, für die Büro-Endgeräte Anhang 2.2.1.

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 technischen Fortschritts oder bereits laufender Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz⁴⁸ anzunehmende Rückgänge in der Leistungsaufnahme.

Zur Ermittlung der *Nutzungszeiten* kann für die IuK-Geräte im 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, die ersten wurde zum ersten Mal im Jahr 1964 durchgeführt (vgl. 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 Deutschland⁴⁹ durchgeführte Reichweitenerhebung.

Die Aufteilung der verbleibenden Nutzungszeit auf den Bereitschafts-, Schein-Aus- und Aus-Zustand beruht auf eigenen Abschätzungen, basierend auf vorliegenden Literaturwerten. Außerdem konnte auf eine aktuelle Umfrage der „Initiative Ener-

⁴⁸ Der gegenwärtige Stand der Energiepolitik bezüglich der Energieeffizienz von IuK-Geräten wird in Kapitel 6 dieser Untersuchung ausführlich beschrieben.

⁴⁹ 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.

giEffizienz“⁵⁰ zum Verhalten der Bundesbürger bezüglich des Stand-by-Betriebs ihrer elektronischen Geräte zurückgegriffen werden (dena 2002). Hier wurden 1000 Personen ab 14 Jahren in Deutschland befragt, ob sie ihre elektronischen Geräte aus den Bereichen Unterhaltung, Kommunikation und Datenverarbeitung⁵¹ immer, manchmal oder nie im Stand-by-Betrieb lassen.

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 zu erwarten.

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.⁵² Bis 2010 wird im Bürobereich mit keinen nennenswerten Änderungen der Nutzungszeiten gerechnet.

Eine ausführliche Darstellung aller bei der Abschätzung der Leistungsaufnahme und der Nutzungszeiten berücksichtigten Literatur-, Erhebungs- und Messwerte enthält Anhang A3.1.1 für die Haushalts-Endgeräte und Anhang A3.2.1 für die Büro-Endgeräte.

4.1.1 Audio-Geräte

Kompaktanlage

Der im Normalbetrieb angenommene Wert von 22 Watt wurde von Rosen/Meier (2001) übernommen, der sich auf eine große Stichprobe an Messungen stützt und mit den für dieses Projekt vorgenommenen eigenen Messungen gut übereinstimmt (vgl. Tabelle 4.1-1). Der von Böde et al. (2000a) angenommene Wert (25 W) scheint demgegenüber etwas zu hoch. Für den Bereitschaftsbetrieb wurde unter Berücksichtigung der Literatur- und der Messwerte eine Leistungsaufnahme von 10

⁵⁰ 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.

⁵¹ Im Einzelnen umfasste die Umfrage folgende Geräte: Fernseher, Computer/Monitor, Drucker, Hi-Fi-Komplettanlage, Radiorekorder, Videorekorder/DVD-Spieler, Satellitenreceiver, CD-Player, Ladekabel des Mobiltelefons.

⁵² 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.

Watt angenommen. Die Schein-Aus-Leistung liegt bei Geräten dieser Größe, die einen „Netzschalter“ auf der Sekundärseite des Trafos haben, bei ca. 0,5 bis 2 Watt. Der hier gewählte Wert von 1,5 Watt liegt etwas unter dem von Böde et al. (2000a) angenommenen Wert von 3 Watt. Begründen lässt sich dies vor allem mit der besseren Messmethodik, die nicht mehr die Blindleistung mit einbezieht.

Beim Hörfunk ist in den letzten Jahren ein beträchtlicher Nutzungsanstieg festzustellen. Betrug im Jahr 1970 der tägliche Hörfunkkonsum 73 Minuten, so ist für das Jahr 2000 eine Erhöhung des täglichen Konsums auf 206 Minuten festzustellen (vgl. Eimeren/Ridder 2001). Für die Studie wird sowohl für Kompaktanlagen als auch für Stereoanlagen aus Einzelkomponenten von einer jährlichen Nutzungszeit von 1250 h/a ausgegangen. Diese Nutzungszeit entspricht in etwa den Angaben von Media Analyse (Media Perspektiven Basisdaten 2001). Sie liegen im Vergleich zur SevenOne Media Studie (2001) höher, diese Studie erfasst allerdings nur die Mediennutzung von Personen von 14 bis 49 Jahren. Die Nutzungszeiten wurden von Böde et al. (2000a) mit 730 h/a noch deutlich niedriger abgeschätzt, was auf Grund der besseren Quellenlage korrigiert werden muss.

Tabelle 4.1-1: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Kompaktanlage

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 22 | 10 | 1,5 | 1250 | 3755 | 3004 |
| 2005 | 22 | 10 | 1,5 | 1250 | 3755 | 3004 |
| 2010 | 22 | 8 | 1,5 | 1250 | 3755 | 3004 |

Stereoanlage und deren Einzelkomponenten

Für die Berechnung des Energiebedarfs einer aus Einzelkomponenten zusammengesetzten Stereoanlage wurde angenommen, dass ein Verstärker bzw. Receiver (mit integriertem Radioteil) und zwei weitere Geräte, z. B. Kassettendeck und CD-Spieler oder DVD-Audiospieler, angeschlossen sind. Der für den Normalbedarf angenommene Wert von 50 Watt (Tabelle 4.1-2) liegt etwas höher als die Ergebnisse von Rosen/Meier (2001) mit 44 Watt. Damit wurde zum einen der Trend zu aufwändigeren Verstärkersystemen berücksichtigt, die nicht mehr nur zwei Lautsprecher bedienen, sondern mit vier bis sechs Lautsprechern sogenannten Surroundsound bieten. Zum anderen beruht der Wert auf den eigenen Messungen von Einzelkomponenten (vgl. dazu Anhang 3). Dies gilt ebenso für die hier angenommene Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb (10 W) und im Schein-Aus-Zustand (4 W).

Tabelle 4.1-2: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Stereoanlage aus Einzelkomponenten¹⁾

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 50 | 10 | 4 | 1250 | 3755 | 1255 |
| 2005 | 50 | 10 | 4 | 1250 | 3755 | 1255 |
| 2010 | 50 | 9 | 4 | 1250 | 3755 | 1255 |

1) bestehend aus Verstärker/Receiver und zwei weiteren Geräten

Unter den Einzelgeräten weisen Hi-Fi-Verstärker, an den die übrigen Hi-Fi-Einzelgeräte wie CD-Spieler oder Kassettendeck angeschlossen werden, naturgemäß den höchsten Strombedarf auf, da neben der Güte der Signalübertragung die mögliche Leistungsabgabe an die Lautsprecher ein Qualitätsmerkmal ist. Die hohe mögliche Leistungsabgabe erfordert eine größere Leistungsaufnahme und damit auch größere, leistungsfähigere Netzteile. Die Vermessung eines Verstärkers zeigte jedoch, dass auch bei diesen Geräten sehr geringe Leerlaufverluste zu erreichen sind: Ein Gerät benötigte im Stand-by-Betrieb weniger als 0,1 Watt und unterschritt damit die Messgenauigkeit des verwendeten Messgerätes.

Radiowecker

Zu den Radioweckern zählen auch Geräte mit eingebautem CD-Player oder Kassettenteil. Da ein Radiowecker jederzeit zumindest die Funktion der Zeitanzeige erfüllt, wurde der Bedarf außerhalb des Radiobetriebs (respektive CD- oder Kassettentrieb) als Bereitschaftsbedarf eingeordnet. Als Mittelwerte aus der Literatur und eigenen Messungen wurden für den Normalbetrieb 3 Watt und für den Bereitschaftsbetrieb 1,7 Watt angesetzt (vgl. Tabelle 4.1-3). Der Schein-Aus-Zustand ist für diese Geräte nicht relevant, da der übliche Gebrauch zumindest die Funktion der Zeitanzeige erfüllt.

Für die Studie wird von einer jährlichen Nutzungszeit von 90 h/a ausgegangen. Sie orientiert sich an der Studie von Böde et al. (2000a) und entspricht rund 17 Minuten pro Tag bei sechs Wochentagen, an denen der Radiowecker genutzt wird. Bei Radioweckern wird nicht davon ausgegangen, dass sich die Nutzung oder der spezifische Energiebedarf signifikant ändert.

Tabelle 4.1-3: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Radiowecker

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 3 | 1,7 | - | 90 | 8670 | - |
| 2005 | 3 | 1,7 | - | 90 | 8670 | - |
| 2010 | 3 | 1,7 | - | 90 | 8670 | - |

Tragbarer Radiorekorder

Von diesen Geräten existiert eine große Vielfalt auf dem Markt. Sie reichen von relativ kleinen „Küchenradios“ bis hin zu großen Multifunktionsgeräten wie z. B. „Ghettoblaster“. In der Regel können diese Geräte auch mit Batterien betrieben werden. Für den Normalbetrieb wurde der Mittelwert (6 Watt) aus den eigenen Messungen gewählt, der gut mit den Messergebnissen von Rosen/Meier (2001) übereinstimmt (vgl. Tabelle 4.1-4). Für den Bereitschaftsbetrieb ergaben die eigenen Messungen einen etwas niedrigeren Mittelwert als die Ergebnisse von Rosen/Meier (2001), deren Wert jedoch auf einer größeren Stichprobe beruht und daher hier übernommen wurde (1,8 Watt). Böde et al. (2000a) geben die Leistungsaufnahme im Schein-Aus-Zustand, basierend auf eigenen Messungen, mit 3 Watt an.⁵³ Die dortigen Ergebnisse dürften aber auf Grund der Messmethodik als zu hoch einzuschätzen sein. Für diese Studie wurde eine Leistungsaufnahme von 1 Watt im Schein-Aus Zustand verwendet.

Bei Radiorekordern wird von einer Nutzungszeit von 220 h/a ausgegangen. Diese Zeit entspricht in etwa den Angaben von Media Analyse (Media Perspektiven Basisdaten 2001). Die anrechenbare Betriebszeit in den anderen Modi liegt vor allem beim Bereitschaftsbetrieb und beim Schein-Aus-Zustand, da sich die Geräte in der Regel nicht vollständig abschalten lassen. Völlig ausgeschaltet sind dagegen diejenigen Geräte, die über schaltbare Steckerleisten mit Strom versorgt werden oder wenn der Netzstecker vom Stromnetz getrennt wird.

⁵³ Bei den für diese Untersuchung durchgeführten Messungen ließ sich keines der untersuchten Geräte ausschalten, so dass dieser Betriebszustand im Prinzip nicht auftrat.

Tabelle 4.1-4: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
tragbare Radiorekorder

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 6 | 1,8 | 1 | 220 | 3416 | 3416 |
| 2005 | 6 | 1,8 | 1 | 220 | 3416 | 3416 |
| 2010 | 6 | 1,8 | 1 | 220 | 3416 | 3416 |

Weitere tragbare Kleingeräte wie Gameboy oder Walkman wurden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt, da sie überwiegend batteriebetrieben sind.

4.1.2 Fernseher und Videorekorder

Fernseher

Der Strombedarf bei Fernsehgeräten hängt von den folgenden Hauptfaktoren ab:

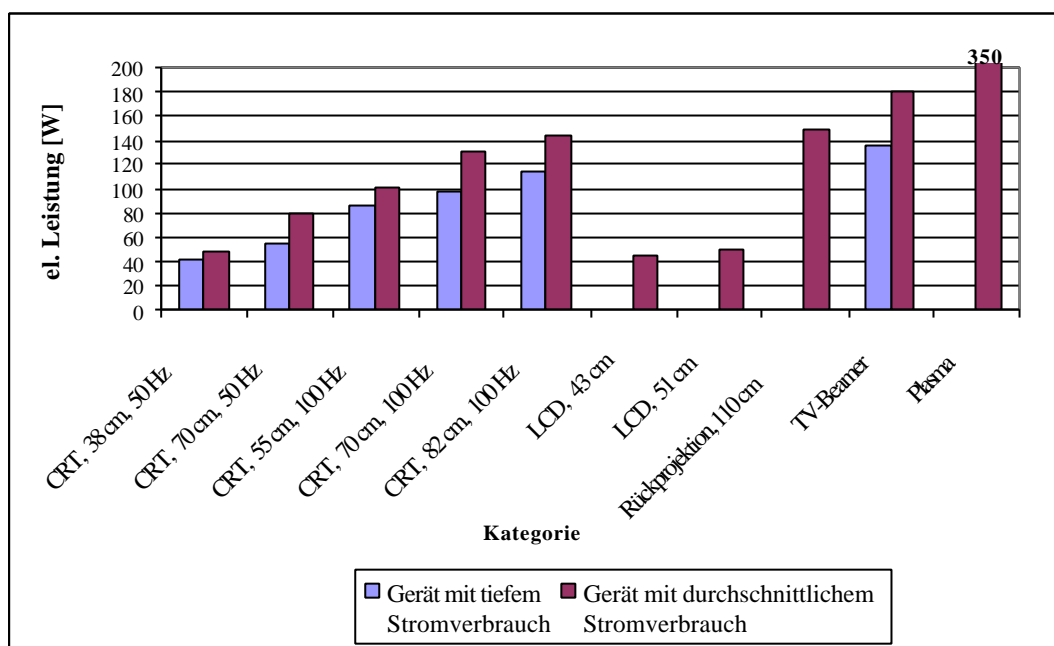
- Bildschirmtechnologie (Röhrenbildschirm, LCD, Plasma),
- Bildgröße,
- Bildabtastrate: 50 oder 100 Hz,
- Bildformat: 4:3 oder 16:9 (wide screen),
- Leistung der Lautsprechersysteme,
- Integrierte Gerätekomponenten wie Video, DVD, IRD usw.,
- Bildhelligkeit.

Die Abhängigkeit des Strombedarfs im Betriebszustand von der Bildschirmtechnologie, der Bildschirmgröße und der Abtastfrequenz ist signifikant (vgl. Abbildung 4.1-1). Mit Hilfe einer feineren Unterteilung der Geräteklasse Fernseher ließen sich detailliertere Aussagen zur Entwicklung des Strombedarfs machen und auch die Potenziale für Effizienzsteigerungen besser quantifizieren. Für solch eine Unterteilung stehen jedoch keine Bestandsdaten zur Verfügung. Daher wurden lediglich die wichtigsten Bilderzeugungstechnologien voneinander abgegrenzt.

- Fernseher mit Kathodenstrahlröhre,
- Fernseher mit LCD (Liquid Crystal Display),
- Fernseher mit Plasmabildschirm,

- Fernseher mit Projektionsbildschirmen,
- TV-Projektoren (Beamer für Daten und Video).

Abbildung 4.1-1: Elektrischer Leistungsaufnahme im Normalbetrieb von Fernsehern in Abhängigkeit von Bildschirmtechnologie, Bildabtastrate und Bildschirmgröße



Quellen: eigene Messungen, www.topten.ch, test 1999a, Schaltegger 1999

Bei Fernsehern fällt der größte Teil des Strombedarfs im Normalbetrieb an, da die Nutzungszeit hoch ist und die elektrische Leistung im Normalbetrieb um ein Vielfaches höher ist als im Bereitschaftsbetrieb. Damit unterscheiden sich die Fernseher von vielen anderen IuK-Geräten in Haushalten, bei denen der Bereitschaftsbetrieb und der Schein-Aus Zustand wesentlich zum gesamten Strombedarf beiträgt. Die Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb ist in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken (Gruber 1996). In England haben Untersuchungen ergeben, dass von 107 untersuchten TV-Geräten 14 im Bereitschaftsbetrieb eine Leistung von kleiner 1 Watt aufweisen. Die meisten Studien rechnen zurzeit mit einer durchschnittlichen elektrischen Leistung im Bereitschaftsbetrieb von etwa 7 W (Böde et al. 2000a; Lebot et al. 2000; Siderius 1999; Thorne/Suozzo 1998; Ross/Meier 2001). Die gleichen Quellen geben eine durchschnittliche Leistung der Geräte im Bestand von 75 W im Normalbetrieb an. Diese Daten beziehen sich im Wesentlichen auf Geräte mit Kathodenstrahlröhren.

Bei den neuen Gerätetypen (LCD, Rückprojektions-LCD, TV-Projektoren und Plasma) gibt es Leistungswerte in der Literatur, oder es sind einzelne eigene Messungen durchgeführt worden. Die für die Bilanzierung des Energiebedarfs der Fern-

seher gewählten Leistungswerte der einzelnen Gerätetypen sind in den Tabellen 4.1-5 bis 4.1-8 dargestellt. Für die Projektion für die Jahre 2005 und 2010 wurde angenommen, dass der Anteil der Fernsehgeräte mit großen Bildschirmen und höheren Bildabtastraten (100 Hz) mit noch vorherrschender Kathodenstrahlröhren-Technologie zunimmt. Damit steigt die durchschnittliche elektrische Leistung im Normalbetrieb von 75 W auf 120 W. Die durchschnittliche elektrische Leistung im Bereitschaftsbetrieb sinkt dagegen kontinuierlich von heute 7 W auf 3 W im Jahr 2010.

Die Digitalisierung der Fernseher-Technologie erfordert zum Teil zusätzliche Gerätekomponenten oder ersetzt, beziehungsweise ergänzt, bereits bestehende Komponenten. Ob diese zusätzlichen Komponenten zu einem signifikant höheren Strombedarf führen, ist noch ungewiss. Eine entscheidende Rolle wird dabei spielen, inwieweit die neuen Komponenten in Zukunft in den Fernsehgeräten direkt integriert werden. Einerseits führt die zunehmende Integration der Funktionen in wenige hochintegrierte Chips (LSI) mit einer niedrigen Versorgungsspannung zu einem niedrigeren spezifischen Strombedarf, andererseits erhöhen neue Funktionalitäten und höhere Taktfrequenzen den Strombedarf tendenziell wieder.

Ebenfalls ist noch nicht abzusehen, ob Fernsehgeräte auch in Zukunft noch alle diejenigen Funktionen beinhalten werden, die heute integriert sind oder ob die Funktionen auf verschiedene Geräte aufgeteilt werden. Dabei könnten die Funktionen Tuner und Demodulator, Dekoder, digitale Prozessverarbeitung und Bildschirm getrennt werden. Mögliche Ursachen für eine solche Auftrennung könnte darin liegen, dass nicht rechtzeitig einheitliche Standards gesetzt werden oder wenn die Standards zu häufig verändert werden. Bei desaggregierten Funktionen könnte dann jeweils nur das Gerät ausgetauscht werden, das an einen neuen Standard angepasst werden soll. Diese in separaten Gehäusen untergebrachten Einheiten wären miteinander vernetzt, und benötigten je ein eigenes Netzteil zur Stromversorgung. Sie würden wahrscheinlich immer in einem Bereitschaftszustand bleiben, um auf eine Nutzungsanforderung eines anderen Gerätes sofort reagieren zu können. Die Höhe der elektrischen Leistung in diesem Bereitschaftszustand wird den zukünftigen Energiebedarf im Bereitschaftsbetrieb entscheidend beeinflussen.

Die LCD-Technologie setzt sich bei Computer-Bildschirmen bereits heute teilweise schon durch. Falls sie auch im Fernsehbereich Erfolg hat, wird dies den Strombedarf senken. Wird sich hingegen die Plasmatechnologie breiter durchsetzen, so wird der Strombedarf markant ansteigen. Dies würde jedoch voraussetzen, dass die Preise für Fernseher mit Plasmatechnologie merklich sinken. Wahrscheinlich wird aber auch in den nächsten Jahren die Kathodenstrahlröhrentechnik dominant bleiben. Hierfür spricht das weiterhin von den anderen Technologien nicht erreichte Preis-Leistungs-Verhältnis. Mit der LCD-Technologie können noch keine vergleichbar großen Bildschirme gefertigt werden wie mit den herkömmlichen Kathodenstahl-

röhren, während die sehr großen Plasmabildschirme noch zu teuer sind, um auf dem Massenmarkt eine Alternative darzustellen.

Die Nutzungszeit des Fernsehens ist dank seiner großen Bedeutung für die Werbewirtschaft gut dokumentiert. Die GfK-Fernsehforschung hat seit 1995 in einer Gruppe aus repräsentativ ausgewählten Haushalten Messgeräte installiert (Telecontrol XL), welche die Fernsehnutzung aller Personen im Haushalt ermitteln und aufzeichnen. Diese für die Werbewirtschaft ermittelte Sehdauer pro Person lässt jedoch keine direkte Aussage über die Einschaltzeit des Fernseher zu. Die durchschnittliche Sehdauer pro Tag und Person hat nach den Daten der Arbeitsgemeinschaft Fernsehen, über die die wichtigsten Ergebnisse des GfK-Panels veröffentlicht werden, von 153 Minuten im Jahr 1989 auf 205 Minuten im Jahr 2001 zugenommen. Besonders stark war der Anstieg von 1989 bis 1996 (153 bis 195 Minuten), danach erfolgte nur noch eine schwache Zunahme (www.agf.de). Laut Media Analyse beträgt die jährliche Sehdauer 1220 h/a. Dieser Wert entspricht weitgehend den Daten der GfK-Fernsehforschung.

Die Umsetzung von Fernsehauern in Nutzungszeiten der Fernsehgeräte ist trotz der vorhandenen, gut abgesicherten Daten nur als grobe Abschätzung möglich, da ein gewichtiger Teil der Geräte von mehreren Personen genutzt wird, die jedoch nicht immer gleichzeitig fernsehen, sondern sukzessive über den Tag verteilt. Die Einschaltdauer hängt damit stark vom Umfeld und der Art der Nutzung ab: Einerseits gibt es gemeinschaftlich in einem Haushalt genutzte Fernseher. Diese mehr oder weniger klassische Nutzung kann sehr lange Nutzungszeiten bewirken, wenn beispielsweise Kinder in einer Familie nachmittags und am frühen Abend fernsehen und die Erwachsenen im Anschluss bis in die späteren Abendstunden fernsehen. Wenn Fernseher dagegen nur einer Person als Hauptnutzer zugeordnet sind, beispielsweise in einem Ein-Personen-Haushalt oder wenn Kinder in einer Familie einen eigenen Fernseher besitzen, muss von kürzeren Nutzungszeiten ausgegangen werden. Weitere Unsicherheiten ergeben sich aus der Mehrfachausstattung von Haushalten mit Geräten, da nicht bekannt ist, wie lang die Nutzungszeit der Zweit- und Drittgeräte ist und in welchem Maß die Einschaltdauer der Hauptgeräte durch das Vorhandensein von konkurrierenden Geräten beeinflusst wird.

Zur Abschätzung der Einschaltdauer wurde die durchschnittliche Sehdauer mit dem Faktor 1,3 erhöht, um sowohl die sukzessive Nutzung von Fernsehgeräten als auch die kürzere Nutzung von Zweitgeräten einzubeziehen. Damit ergibt sich eine durchschnittliche Einschaltdauer der Fernsehgeräte von 1586 h/a für das direkte Anschauen von Fernsehprogrammen. Hinzu kommt nun noch die Nutzungszeit bei der Verwendung von Videorekordern, die gemittelt auf alle Fernseher mit rund 100 h/a abgeschätzt wurde. Weiter kommt die Einschaltzeit in Verbindung mit einer Spielkonsole hinzu, die rund 20 h/a pro Fernsehgerät ausmacht. Anhand dieser Abschätzungen ergibt sich eine durchschnittliche Nutzungsdauer der Fernseher von 1706 h/a in Deutschland.

Trotz des von der Arbeitsgemeinschaft Fernsehen beobachteten Trends zur Stabilisierung der Fernsehdauer pro Person gibt es Hinweise auf auch in der Zukunft leicht ansteigende Nutzungszeiten pro Person, die aus einem Wachstum der zusätzlichen Aktivitäten wie Internetnutzung oder als Bildschirm für Spielkonsolen herrühren. Ebenfalls steigend auf die Betriebszeiten der Fernsehgeräte könnte sich die verstärkte Nutzung als Begleitmedium im Hintergrund auswirken. Für die nächsten Jahre wird mit einem leichten Anstieg der Nutzungszeiten um 5 % bis zum Jahr 2005 und um 10 % bis zum Jahr 2010 gerechnet.

Tabelle 4.1-5: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Fernseher Kathodenstrahl

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 75 | 7 | 2 | 1646 | 3305 | 1905 |
| 2005 | 97 | 6 | 1,5 | 1727 | 4420 | 1307 |
| 2010 | 120 | 5 | 1,5 | 1810 | 6150 | 400 |

Tabelle 4.1-6: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Fernseher LCD

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 40 | 5 | 2 | 1646 | 3305 | 1905 |
| 2005 | 45 | 5 | 1,5 | 1727 | 4420 | 1307 |
| 2010 | 50 | 4 | 1,5 | 1810 | 6150 | 400 |

Tabelle 4.1-7: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Fernseher Plasma

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 350 | 7 | 2 | 1646 | 3305 | 1905 |
| 2005 | 350 | 6 | 1,5 | 1727 | 4420 | 1307 |
| 2010 | 350 | 5 | 1,5 | 1810 | 6150 | 400 |

Tabelle 4.1-8: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: TV-Projektoren

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 180 | 7 | 2 | 1646 | 3305 | 1905 |
| 2005 | 180 | 6 | 1,5 | 1727 | 4420 | 1307 |
| 2010 | 180 | 5 | 1,5 | 1810 | 6150 | 400 |

Videorekorder/DVD-Gerät

Videogeräte weisen heute einen durchschnittlichen elektrischen Leistungsbezug von etwa 17 W im Normalbetrieb und 6 W im Bereitschaftsbetrieb auf (vgl. Tabelle 4.1-9). Für DVD-Spieler wurden eigene Leistungsmessungen durchgeführt, die darauf hinweisen, dass die Leistungsaufnahme ähnlich groß wie bei Videorekordern ist (vgl. Tabelle 4.1-10). So weisen typische neue Geräte im Normalbetrieb einen elektrischen Leistungsbezug von 17 Watt und im Bereitschaftsbetrieb 3 Watt auf. Videorekorder lassen sich normalerweise nicht mit einem Schalter komplett ausschalten. Die Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb bei verkauften Videorekorder-Geräten in der Schweiz ist in den letzten Jahren kontinuierlich von 9,5 Watt im Jahr 1994 auf unter 3 Watt bei heutigen guten Geräten gesunken (Gruber 1996). Aus diesem Grund wird für die Projektionen bis 2010 von einer kontinuierliche sinkenden Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb von heute 6 Watt auf 3 Watt im Jahr 2010 ausgegangen.

In der Literatur findet man je nach Autor und Land voneinander stark abweichende Nutzungszeiten. Für Deutschland werden 440 Stunden im Normalbetrieb und 8320 Stunden im Bereitschaftsbetrieb abgenommen. Detailliertere Untersuchungen zum Nutzungsverhalten von Videorekordern haben ergeben, dass die Geräte den Hauptteil der Betriebszeit zum Aufzeichnen von Fernsehsendungen genutzt werden und nur zu rund 30 % der Zeit zum Abspielen von Videobändern (Zoche et al. 1995). Dies bedeutet natürlich, dass bei weitem nicht alles was aufgezeichnet wird auch tatsächlich angeschaut wird. Schätzungen zufolge wird ungefähr zweieinhalbmal so viel aufgezeichnet wie dann abgespielt wird. Das bedeutet, dass nur während rund 30 % der Nutzungszeit von Videorekordern auch die angeschlossenen Fernsehgeräte in Betrieb sind (Zoche et al. 1998). Bei DVD-Spielern muss derzeit von einem andern Nutzungsverhalten ausgegangen werden, da diese noch keine Sendungen aufzeichnen können. Als reine Abspielgeräte haben sie kürzere Nutzungszeiten. Mittelfristig werden jedoch auch DVD-Geräte in der Lage sein aufzuzeichnen. Damit gleichen sich bis zum Jahr 2005 die Nutzungszeiten der DVD-Spieler an die der Videorekorder an. Allerdings ist derzeit nicht abzusehen, inwieweit zukünftig problemlos digitale Aufzeichnungen erstellt werden können. Beim Einsatz von Di-

igitaltechnologie stellt das Weiterverbreiten von Inhalten ein deutlich größeres Problem für die Rechteinhaber dar, da Kopien ohne Qualitätsverluste erstellt werden können. Aus diesem Grund gibt es im Rahmen des Digital Rights Management starke Bestrebungen von Rechteinhabern der Musik- und der Filmindustrie, das Erstellen von Aufzeichnungen und Kopien zu verhindern.

Tabelle 4.1-9: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Videorekorder

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 17 | 6 | 2 | 440 | 5547 | 1387 |
| 2005 | 17 | 6 | 1,5 | 462 | 5532 | 1383 |
| 2010 | 17 | 5 | 1,5 | 484 | 5517 | 1379 |

Tabelle 4.1-10: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Video-DVD-Spieler/Rekorder

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 17 | 6 | 2 | 110 | 5767 | 1442 |
| 2005 | 17 | 5 | 1,5 | 231 | 5686 | 1422 |
| 2010 | 17 | 4 | 1,5 | 484 | 6207 | 1035 |

4.1.3 Kameras und sonstige Video-Geräte

Videokamera/Camcorder

Bei den Videokameras/Camcordern spielt der Wirkungsgrad der Akkus und des Ladevorgangs der Akkumulatoren eine wichtige Rolle, da sich ein großer Teil der Betriebszeit im Akkubetrieb abspielt. Für die Nutzung von Videokameras ist die Ausstattung mit einem Signaleingang ein wichtiges Merkmal. Ein Teil der Geräte besitzt keinen Signaleingang und kann Bilder nur im Kamerabetrieb aufzeichnen. Moderne digitale Videokameras besitzen häufig auch einen Signaleingang. Damit kann die Kamera auch die Funktion eines Videorekorders erfüllen. Bei digitalen Kameras ist dies von einiger Bedeutung, da die Datenfülle von Videofilmen die Archivkapazität von heutigen Festplatten schnell sprengt. Mit Hilfe einer Kamera mit Signaleingang können Videofilme nach der Bearbeitung am PC wieder auf ein Videoband gespeichert werden. Der Leistungsmesswert für Videokameras (4,7 W)

wurde im Netzbetrieb ermittelt. Für die Bilanzierung des Energiebedarfs wurde der Wert um knapp 100 % auf 9 Watt erhöht, um die Akkueffizienzgrade einzubeziehen (vgl. Tabelle 4.1-11). Eine detaillierte Betrachtung der Akkutechnologien wird bei der Analyse des Mobilfunks (Abschnitt 4.1.5) vorgenommen. Die Ausstattung von Videokameras mit einem großen Farbdisplay (groß verstanden als mit bloßem Auge zu betrachten und nicht nur durch einen Sucher) trägt mit Sicherheit deutlich zum Strombedarf der Geräte bei. Dem gegenüber steht jedoch der Effizienzsprung, der durch die digitale Technologie und die immer bessere Integration der Geräte erreicht wurde. Als vorwiegend mobile Geräte werden Kameras weiterhin auf einen niedrigen Energiebedarf optimiert werden, so dass kein deutliches Wachstum des spezifischen Bedarfs zu erwarten ist. Den durchgeführten Messungen zufolge benötigt die Kamera selbst im ausgeschalteten Zustand keinen Strom. Der gewählte Wert von 1,5 Watt im Schein-Aus-Zustand ergibt sich aus dem Leerlaufbedarf des mitgelieferten Steckernetzteils (Mittelwert aus Literatur und eigener Messung). Videokameras weisen keinen Stand-by im eigentlichen Sinne auf, sondern eher einen Ready-Mode, wenn sie in Betrieb sind, aber keine Bilder aufgezeichnet werden.

Tabelle 4.1-11: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Videokamera

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 9 | 6 | 1,5 | 60 | 120 | 2249 |
| 2005 | 9 | 6 | 1,0 | 60 | 120 | 2249 |
| 2010 | 9 | 6 | 0,5 | 60 | 120 | 2249 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 9 | 6 | 1,5 | 15 | 30 | 871 |
| 2005 | 9 | 6 | 1,0 | 15 | 30 | 871 |
| 2010 | 9 | 6 | 0,5 | 15 | 30 | 871 |

Digitalfotokamera

Digitale Fotokameras weisen einen deutlich höheren Energiebedarf als analoge Kameras auf. Während bei modernen Geräten mit chemischem Film nur die peripheren Funktionen wie Entfernung- und Belichtungssensorik, Transport des Films, Fokussierung des Objektivs und Programmvorwahl elektrischen Strom benötigen, wird bei der digitalen Fotokamera auch für die Hauptfunktion der Bildaufnahme und der Speicherung Strom aufgewendet. Hinzu kommen die bei den allermeisten Geräten vorhandenen Farbdisplays, die einen hohen Energiebedarf aufweisen. Um den Strombedarf digitaler Fotokameras zu decken, wird von den Herstellern und auch den Autoren in Fachzeitschriften die Verwendung von Akkus empfohlen, die jedoch nicht notwendigerweise im Lieferumfang enthalten sind, wenn es sich um

Standardgrößen handelt. Bei besonders kleinen Kameras werden dagegen auch spezielle Akkus mitgeliefert, die sich besser an den begrenzten Platz im Gerät anpassen lassen. Der Technologiewechsel von Kameras mit chemischen Filmen zu digitalen Kameras bewirkt eine deutliche Erhöhung des Strombedarfs und einen Wechsel zur Nutzung von Akkus anstelle von herkömmlichen Haushaltsbatterien. Ob der Effizienzgewinn von Akkus gegenüber Haushaltsbatterien wirksam wird, hängt stark vom Nutzungsverhalten bei den Ladegeräten im Bereitschaftsbetrieb ab. Wenn diese dauerhaft am Netz bleiben, werden die Effizienzgewinne durch die Leerlaufverluste zumindest teilweise zunichte gemacht.

Bei den untersuchten Geräten war kein Netzteil im Lieferumfang enthalten. Dieses kann als Zubehör erworben werden. Die Messungen wurden daher mit einem Standard-Netzteil durchgeführt. Für den Normalbetrieb ergaben die eigenen Messungen eine Leistungsaufnahme um 5 W, d. h. ähnliche Werte wie bei der untersuchten Videokamera. Analog zum Vorgehen bei Videokameras ergibt sich damit unter Einbeziehung der Akkuvirkungsgrade ein Wert von rund 9 W. Für den Bereitschaftsbetrieb und den Schein-Aus-Zustand wurden die gleichen Werte wie bei der Videokamera angenommen (Tabelle 4.1-12).

Zu den Nutzungszeiten von Digitalkameras konnten keine Hinweise gefunden werden. Anders als bei den meisten der untersuchten Geräte wird die Nutzungsintensität von Fotokameras eher ergebnisabhängig anhand der aufgenommenen Einzelbilder bemessen und nicht in einer Nutzungszeit, was die Bewertung erschwert. Daher wurde eine Schätzung vorgenommen, die mit 60 Stunden pro Jahr von etwas mehr als einer Stunde pro Woche ausgeht. Dies mag zunächst hoch erscheinen, doch es wurde davon ausgegangen, dass eine digitale Fotokamera bei besonderen Gelegenheiten wie Urlaub oder Feiern längere Zeit am Stück betrieben wird, so dass dieser Wert realistisch erschien.

Tabelle 4.1-12: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Digitalfotokamera

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 9 | 6 | 1,5 | 60 | 60 | 1704 |
| 2005 | 9 | 6 | 1,0 | 60 | 60 | 1704 |
| 2010 | 9 | 6 | 0,5 | 60 | 60 | 1704 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 9 | 6 | 1,5 | 15 | 15 | 873 |
| 2005 | 9 | 6 | 1,0 | 15 | 15 | 873 |
| 2010 | 9 | 6 | 0,5 | 15 | 15 | 873 |

Spielkonsole

Für Spielkonsolen wird schon für das Ausgangsjahr 2001 mit einer Leistungsaufnahme von 15 Watt im Normalbetrieb ein etwas höherer Wert angenommen als bei Böde et al. (2000a) und Rosen/Meier (2001), die - basierend auf Messwerten von 1999 bzw. 2000 - von einer Leistung von 8-10 Watt ausgehen. Die hier durchgeführten Messungen haben jedoch gezeigt, dass die neuen Spielkonsolen von Sony (mit 26,4 W) und insbesondere die Microsoft X-Box (mit 65 W) deutlich höhere Bedarfswerte aufweisen. Dieser Trend dürfte sich in den kommenden Jahren mit zunehmender Durchsetzung dieser Geräte und weiter erhöhten Leistungsanforderungen durch immer aufwändigere Spiele fortsetzen, so dass hier, anders als bei den übrigen Geräten im Unterhaltungsbereich, mit einem weiter steigenden Strombedarf gerechnet wird (Tabelle 4.1-13). Beim Schein-Aus-Zustand wird der Standard-Wert für ein Netzgerät im Leerlauf (1,5W) angenommen, mit leicht zunehmender Tendenz.

In einer Studie von SevenOne Media (2001) wurden jährliche Nutzungszeiten für Spielkonsolen von 97 h/a ermittelt. Diese Studie erfasst zwar nur Personen zwischen 14 und 49 Jahren, diese Geräte werden jedoch am häufigsten von dieser Anwendergruppe genutzt. Die Studie geht von einer Nutzungszeit von 100 h/a für Spielkonsolen aus.

Tabelle 4.1-13: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Video-Spielkonsole

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 15 | - | 1,5 | 100 | - | 2898 |
| 2005 | 40 | - | 2,0 | 105 | - | 2597 |
| 2010 | 50 | - | 2,0 | 110 | - | 2595 |

4.1.4 Festnetz-Telefon

Einfache analoge Telefone, die keine besonderen Funktionen aufweisen, werden über den Telefonanschluss von der zugeordneten Vermittlungsstelle mit Strom versorgt. Im Bereitschaftsbetrieb benötigen diese Geräte keinen Strom. Die begrenzte Leistungsfähigkeit der Stromversorgung über den Telefonanschluss schränkt die Möglichkeit ein, Sonderfunktionen zu unterstützen. Dennoch sind solche einfachen Telefone immer noch weit verbreitet. Diese einfachen Telefone werden nicht gesondert betrachtet, sondern über den Energiebedarf der Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen erfasst, über die sie mit Strom versorgt werden.

Schnurlostelefon

An Festnetzanschlüssen betriebene Schnurlostelefone sind im Umkreis von einigen Metern über Funk mit der zugehörigen Basisstation verbunden. Die Aufladung des Geräteakkus geschieht über die Basisstation, die nicht geschaltet wird. Am Ladegerät entstehen damit Stand-by-Verluste, wenn das Endgerät nicht „aufliegt“ oder auch Verluste durch die Erhaltungsladung für den Akku des Telefons. Der gemessene Wert wurde während des Aufladevorgangs ermittelt. Der eigentliche Normalbetrieb konnte nicht gemessen werden. Daher orientiert sich der für den Normalbetrieb gewählte Wert an den Literaturangaben. Für aufwändigere Telefone mit mehreren Handgeräten wurde dabei eine etwas höhere Leistungsaufnahme im Normalbetrieb angenommen (Tabelle 4.1-14; Tabelle 4.1-15). Der im Bereitschaftsbetrieb angegebene Wert berücksichtigt die Erhaltungsladung, wenn das Telefon ungenutzt auf der Station aufliegt. Für Haushalte und Büros wird die gleiche Leistungsaufnahme angenommen. Ein Schein-Aus-Zustand tritt bei Geräten der Telefonie nicht auf, da keine Möglichkeit zum Ausschalten besteht

Nach einer Studie von IP Deutschland (2002), in der die Mediennutzung im Tagesablauf untersucht wurde, beträgt das tägliche Zeitbudget für Telefonieren in Haushalten 12 Minuten. Diese Wert wurde für die Studie übernommen, jedoch um angenommene Anrufe erweitert. Die jährliche Nutzungszeit für Festnetztelefone in Haushalten beträgt für diese Studie somit *150 h/a*. Im Vergleich zu privaten Haushalten ist die Nutzungsdauer von Telefonen im Bürobereich - als wesentliches Arbeitsmittel - deutlich höher. Im Durchschnitt wird in Büros das Telefon täglich 1,5 Stunden genutzt. Die Studie geht damit von *330 h/a* jährlicher Nutzungszeit aus.

Tabelle 4.1-14: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Schnurlostelefon mit Basisstation und einem Handgerät

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 3,5 | 2,5 | - | 150 | 8610 | - |
| 2005 | 3,5 | 2 | - | 150 | 8610 | - |
| 2010 | 3,5 | 2 | - | 150 | 8610 | - |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 3,5 | 2,5 | - | 330 | 8430 | - |
| 2005 | 3,5 | 2 | - | 330 | 8430 | - |
| 2010 | 3,5 | 2 | - | 330 | 8430 | - |

Tabelle 4.1-15: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Schnurlostelefon mit Basisstation und mehreren Handgerät

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 4 | 2,5 | - | 150 | 8610 | - |
| 2005 | 4 | 2 | - | 150 | 8610 | - |
| 2010 | 4 | 2 | - | 150 | 8610 | - |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 4 | 2,5 | - | 330 | 8430 | - |
| 2005 | 4 | 2 | - | 330 | 8430 | - |
| 2010 | 4 | 2 | - | 330 | 8430 | - |

Anrufbeantworter

Die Leistungsaufnahme von Anrufbeantwortern liegt im Normalbetrieb (Abspielen der Ansage, Aufnahme und Wiedergabe von Nachrichten) in gleicher Größenordnung wie bei den schnurlosen Telefonen (Tabelle 4.1-16). Dies zeigen sowohl eigene Messungen als auch die Messergebnisse aus der Literatur (Rosen/Meier 2001). Der von Böde et al. (2000a) angenommene Wert von 9 Watt im Normalbetrieb erscheint demgegenüber als zu hoch. Der am häufigsten auftretende Betriebszustand ist der Bereitschaftsbetrieb, wenn das Gerät auf eingehende Anrufe wartet. Die Leistungsaufnahme liegt hier ebenfalls in vergleichbarer Höhe wie bei den schnurlosen Telefonen.

Als Alternative zu einem Anrufbeantworter als elektrisches Gerät im Haushalt bieten die Telekommunikationsfirmen auch sogenannte Netzanrufbeantworter im Festnetz an. Wenn diese Dienstleistung in Anspruch genommen wird, werden eingehende Anrufe nach einer festzulegenden Klingelzeit vom Telefonanschluss zu einem zentralen Anrufbeantworter des Anbieters umgeleitet, der die Anrufe entgegennimmt und Nachrichten speichert. Die Abfrage der Nachrichten durch den Besitzer erfolgt über das Telefon. Diese Dienstleistung ist bei Mobiltelefonen als „Mailbox“ bekannt und dort sehr verbreitet. Gegenüber einer Vielzahl an Einzelgeräten mit bedeutenden Leerlaufverlusten stellen Netzanrufbeantworter energetisch die effizientere Lösung dar. Die deutlich höheren Kosten der Netzanrufbeantworter stehen jedoch einer verstärkte Verbreitung dieser Lösung im Wege.

Böde et al. (2000a) haben in ihrer Untersuchung eine Nutzungszeit von 45 h/a ermittelt. Diese Zeit wurde für die Studie übernommen und leicht nach oben korrigiert, sie beträgt für die Haushalte jetzt 50 h/a. Anrufbeantworter im Bürobereich werden vor allem von kleinen Büros benutzt, mittlere und große Unternehmen haben Telefonzentralen oder nutzen zunehmend Call-Center. Die Nutzungszeiten von

Anrufbeantwortern in Büros sind deshalb mit Zeiten der privaten Haushalte vergleichbar. Für die Studie wird von einem Wert von *50 h/a* ausgegangen.

Tabelle 4.1-16: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Anrufbeantworter

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|----------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH/ Büros | | | | | | |
| 2001 | 3,5 | 3,0 | - | 50 | 8710 | - |
| 2005 | 3,5 | 2,5 | - | 50 | 8710 | - |
| 2010 | 3,5 | 2,0 | - | 50 | 8710 | - |

Faxgeräte

Faxgeräte fanden in den vergangenen Jahren auch zunehmend in Haushalten Verbreitung. Dabei handelt es sich vor allem um einfache Geräte mit Thermopapierdruckern oder Thermotransferdruckern. Inzwischen werden jedoch auch kostengünstige Geräte mit Tintenstrahldruckern angeboten, die häufig als Kombinationsgeräte dienen und auch die Funktion des Druckers für einen Computer übernehmen. Außerdem wird in vielen Faxgeräten auch ein Anrufbeantworter integriert. Diese Lösung ist in der Regel deutlich effizienter als der Betrieb von zwei Einzelgeräten. Die Leistungsaufnahme der untersuchten Geräte im Normalbetrieb liegt bei den hier durchgeführten Messungen relativ einheitlich bei 12-14 Watt. Durch die geringe Nutzungszeit im Normalbetrieb von Faxgeräten im privaten Haushalt kommt dem Bereitschaftsbetrieb eine besondere Bedeutung zu. Die Literaturwerte für diese Geräte liegen noch zwischen vier und acht Watt (vgl. Rath et al. 1997; Böde et al. 2000a; Lechtenböhrer et al. 2001 oder Rosen/Meier 2001). Die eigenen Messungen an Neugeräten ergaben jedoch Werte zwischen 1,9 und 4 Watt, so dass im Bereitschaftsmodus ein leichter Rückgang der Leistungsaufnahme angenommen wurde (vgl. Tabelle 4.1-17).

Die Leistungsaufnahme der Faxgeräte in Büros, die häufig mit einem Laserdrucker ausgestattet sind, ist deutlich höher. Im Normalbetrieb sorgen die elektrostatische Aufladung und das Einbrennen des Toners für eine hohe Leistungsaufnahme; im Bereitschaftsbetrieb liegt der Energiebedarf ebenfalls über dem der einfacheren Geräte, da die Einbrenntrommel warmgehalten werden muss.

Böde et al. (2000a) haben in ihrer Untersuchung einen Nutzungszeit von 45 h/a angenommen. Der Wert wurde für diese Studie angesichts der geringen Nutzung von Faxgeräten in Haushalten nach unten auf *20 h/a* korrigiert. In Büros hingegen gehören Faxgeräte zum festen Bestandteil der geschäftlichen Kommunikation. Die Nutzungszeiten der Geräte sind mit denen des Telefons vergleichbar. Die Studie geht für solche Geräte von einem Wert von *330 h/a* aus.

Tabelle 4.1-17: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Faxgerät

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 13 | 4,0 | - | 20 | 8740 | - |
| 2005 | 13 | 3,5 | - | 20 | 8740 | - |
| 2010 | 13 | 3,0 | - | 20 | 8740 | - |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 55 | 12 | - | 330 | 8430 | - |
| 2005 | 55 | 11 | - | 330 | 8430 | - |
| 2010 | 55 | 10 | - | 330 | 8430 | - |

4.1.5 Mobiles Telefon

Die Leistungsaufnahmen der Mobiltelefone wird von den Herstellern nicht veröffentlicht, so dass sie aus den verfügbaren technischen Daten errechnet wurden.

GSM-Mobiltelefon

Zur Bestimmung der direkten Leistungsaufnahme der GSM-Mobiltelefone wurden 51 Geräte von allen wichtigen Herstellern im Hinblick auf ihr Markteinführungsjahr, den verwendeten Akku (Technologie, Nennkapazität⁵⁴ und Nennspannung⁵⁵), die angegebenen Betriebszeiten und den Verkaufspreis analysiert. Dabei wurden Geräte aus den gesamten neunziger Jahren und aus den Jahren 2000 und 2001 untersucht, um eine möglichst repräsentative Auswahl der Modellpalette zu erhalten. Die Leistungsaufnahme errechnet sich aus dem Quotienten von Energiegehalt des Akkus⁵⁶ und der vom Hersteller angegeben maximalen Zeit im Normal- und Bereitschaftsbetrieb.⁵⁷ Aus den untersuchten Geräten wurde ein durchschnittlicher Wert der Leistungsaufnahme der im jeweiligen Jahr verkauften Geräte ermittelt.⁵⁸

⁵⁴ Die Strommenge, die innerhalb von 5 Stunden bei Entladung mit dem Nennstrom entnommen werden kann (bei Raumtemperatur). Dabei wird bis zu einer Entladeschlussspannung von ca. 1 V entladen [mAh].

⁵⁵ Mittelwert aller über die gesamte Entladezeit gemessenen Spannungen bei Raumtemperatur. Die Spannung am Entladeende, in Abhängigkeit der Entladestromhöhe, liegt ca. 0,23 bis 0,33 V pro Zelle niedriger als die Anfangsspannung [V].

⁵⁶ Aus dem Produkt der Nennspannung und Nennkapazität der Herstellerangaben berechnet.

⁵⁷ Die Zeitangaben wurden um den Faktor ½ reduziert. Mit dieser Korrektur werden die von den Herstellern unter idealen Laborbedingungen ermittelten Werte an reale Bedingungen angepasst. Der Faktor wurde aus Befragungen von Angestellten des Vertriebsbereiches der Mobilfunkanbieter gewählt.

⁵⁸ Dabei wurde angenommen, dass sich 40 % der Handy-Kunden ein Gerät des aktuellen Jahres, 40 % ein Modell des Vorjahres und 20 % eines des Vorvorjahres kaufen.

Unter Berücksichtigung der jährlichen Verkaufszahlen⁵⁹ wurde ein repräsentativer Wert der Leistungsaufnahme der sich im Gebrauch befindenden Mobiltelefone ermittelt. Der Verlauf des Leistungsbedarfs der GSM-Mobiltelefone von 1992 bis 2001 zeigt im Normalbetrieb eine Verminderung auf ein Zehntel und im Bereitschaftsbetrieb auf ein Hundertstel des ursprünglichen Wertes der ersten Telefone nach dem GSM-Standard (Abbildung 4.1-2 und Abbildung 4.1-3). Auf diese Entwicklung stützen sich die Prognosen bis 2010.

UMTS-Mobiltelefon

Da diese Geräte bisher nur auf dem japanischen Markt verfügbar sind, fehlen hier - anders als bei den GSM-Endgeräten - einschlägige Erfahrungen. Es gibt lediglich einzelne Hinweise auf einen größeren Strombedarf, wie beispielsweise von BBC News Online am 3.9.01, dass ein in Japan getestetes UMTS-Handy schon nach 30-40 Minuten des Gebrauchs nachgeladen werden muss. Als einziger Hersteller hat die Firma NEC technische Angaben zu einem UMTS-Mobiltelefon gemacht. Als Basis für eine Leistungsaufnahmenabschätzung dient daher das 3G-Handy N2001 von NEC. Wie in Abbildung 4.1-2 und Abbildung 4.1-3 zu sehen ist, wird eine sinkende Leistungsaufnahme der UMTS-Endgeräte erwartet. Dies geschieht in Anlehnung an die GSM-Entwicklung. Ein dichter UMTS-Netzausbau und eine fortschreitende Netzoptimierung führen außerdem zu einer geringeren Sendeleistung und damit zu einem sinkenden Strombedarf der Mobiltelefone.

⁵⁹ Wegen der unzureichenden Datenlage wurden diese Werte abgeschätzt. Dabei wurde angenommen, dass sich die Mobilfunknutzer bis zum Jahr 2010 alle 2 Jahre ein neues Handy kaufen. Ab 2000 wird mit einer durchschnittlichen Nutzungszeit von 3 Jahren gerechnet. Dies ist in der Kürzung der Zuzahlungen seitens der Netzbetreiber begründet.

Abbildung 4.1-2: Entwicklung und Prognose der Leistungsaufnahme der Mobilfunk-Endgeräte im Normalbetrieb⁶⁰

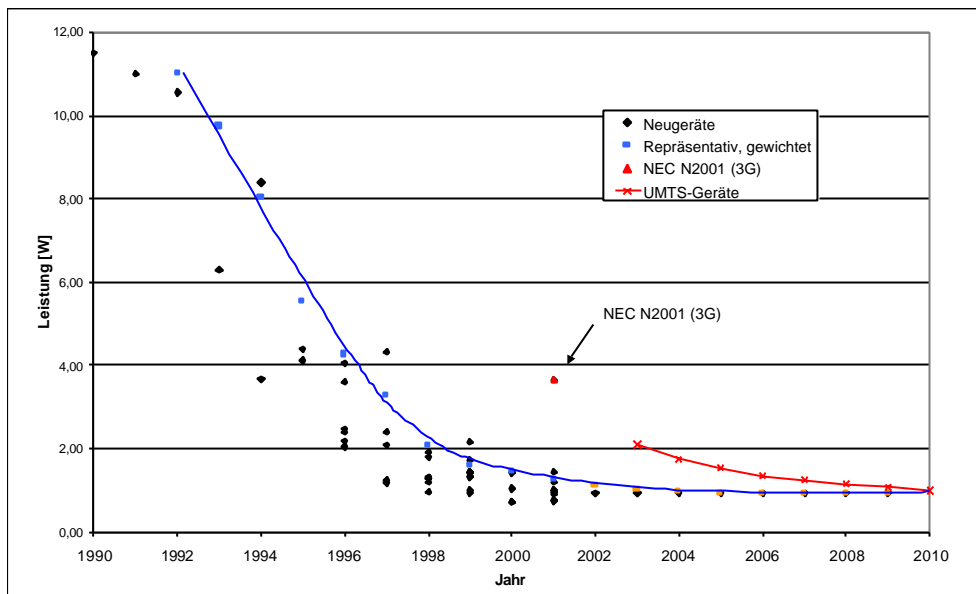
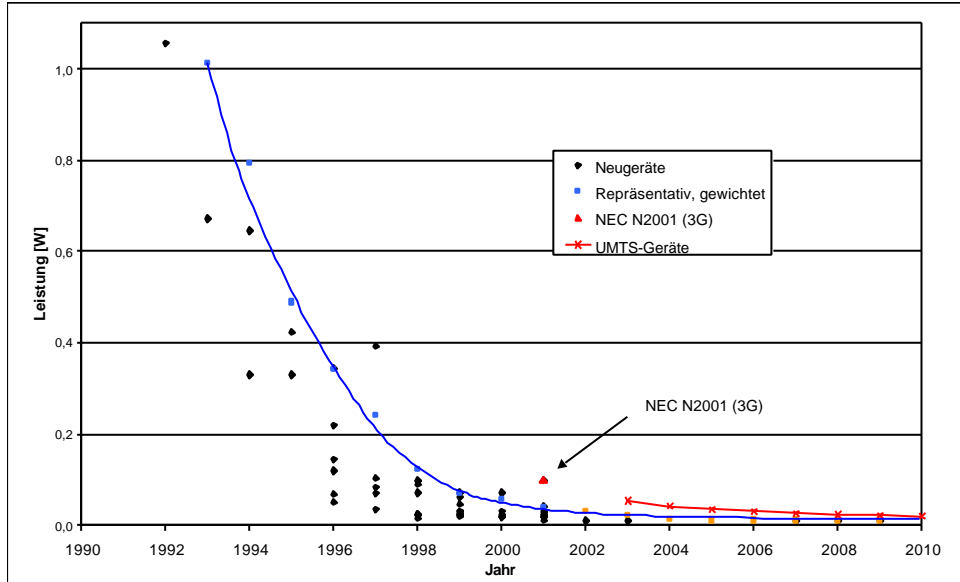


Abbildung 4.1-3: Entwicklung und Prognose der Leistungsaufnahme der Mobilfunk-Endgeräte im Bereitschaftsbetrieb



Quelle: eigene Berechnungen

⁶⁰ Die Punktwolke zeigt die im jeweiligen Jahr neu auf den Markt gekommenen GSM-Geräte (Neugeräte); die Kurven beschreiben den Durchschnittswert der sich im Gebrauch befindenden GSM-, bzw. UMTS-Handys.

Leistungsaufnahme unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades beim Aufladen

Beim Aufladen der Akkus sind zwei wesentliche Verlustanteile zu beachten, nämlich das Verhältnis von aufgenommener zu abgegebener Energie sowohl beim Ladegerät als auch beim Akku. Durch eine größere Leistungsaufnahme gegenüber dem direkten Strombedarf der Mobiltelefone in ihren zwei Betriebsmodi wird dem Rechnung getragen.

Für den Wirkungsgrad der Ladegeräte hat ein Fachmann einer der führenden Hersteller von Steckernetzteilen einen groben Richtwert von 0,4 angegeben. Ein Branchenvertreter eines Akkuherstellers gab für sein Produkt einen Wirkungsgrad von unter 0,5 als Richtwert an. Nimmt man beide Werte zusammen, so ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von 0,2. Dieser Wert stimmt in etwa mit dem von Schaefer/Weber (2000) angenommenen Wert überein. Diese nehmen in ihrer Studie „Mobilfunk und Energiebedarf“ an, dass nur 22 % der beim Ladevorgang aufgenommenen Energie für das Handy nutzbar sind.

Um das Zusammenwirken von Ladegerättyp, Akkutechnologie und Ladeverhalten genauer zu untersuchen, wurden eigene Messungen vorgenommen. Dabei wurde die Stromaufnahme und die Netzspannung des jeweils zu untersuchenden Mobiltelefons mit seinem angeschlossenen Ladegerät gemessen. Die Ergebnisse beschreiben den Wirkungsgrad von Ladegerät und Akku als Einheit.

In Tabelle 4.1-18 sind die gemessenen Wirkungsgrade aufgelistet. Je länger das Mobiltelefon nach vollendetem Aufladen am Ladegerät angeschlossen bleibt, desto schlechter wird der Wirkungsgrad. Er hängt also stark vom Ladeverhalten der Mobilfunkkunden ab. Der Wirkungsgrad variiert bei den untersuchten Geräten zwischen 0,16 und 0,05.

Tabelle 4.1-18: Untersuchte GSM-Mobiltelefone und ihr Wirkungsgrad beim Aufladen

| Hersteller | Modell | Alter | Ladegerät | Messzeit [h] | Wirkungsgrad |
|------------|-----------|-----------|----------------|--------------|--------------|
| Nokia | 6210 | fabrikneu | Schaltnetzteil | 6,5 | 0,16 |
| Philips | Savvy | 1 Jahr | Trafonetzteil | 13,8 | 0,05 |
| Motorola | TP 250 | fabrikneu | Schaltnetzteil | 13,8 | 0,08 |
| Sony | CMD X2000 | 3,5 Jahre | Schaltnetzteil | 7,7 | 0,15 |

Quelle: eigene Messungen

Auf dieser Basis wurden die Wirkungsgrade beim Aufladen abgeschätzt. Für 2001 wurde der Mittelwert aus den Messungen von 0,11 gewählt. Bis 2010 wurde eine

Verbesserung des durchschnittlichen Wirkungsgrades auf 0,16 angenommen. Bei linearem Verlauf bei den dazwischen liegenden Werten errechnet sich für 2005 ein Wirkungsgrad von 0,13. Die Verbesserung ist durch die Annahme der verstärkt zum Einsatz kommenden Schaltnetzteile begründet. Beim Wirkungsgrad wird nicht zwischen GSM- und UMTS-Endgeräten unterschieden, da die verwendeten Akku- und Ladegerätetechnologien die gleichen sind. In Tabelle 4.1-20 und Tabelle 4.1-21 sind die gewählten Leistungsaufnahmen der Mobiltelefone unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades beim Aufladen aufgeführt.

Spezifische Nutzungszeit der Mobiltelefone im Bereitschaftsbetrieb

Es gibt keine veröffentlichten Daten über das Nutzungsverhalten der Endkunden für den Bereitschaftsbetrieb. Zwar kennen die Netzbetreiber die genauen Bereitschaftszeiten, also die Zeiten, wann der Kunde sein Telefon angeschaltet hat, da dieser dann in den Netzdatenbanken als „aktiv“ vermerkt wird. Doch diese Daten werden nicht publik gemacht, da man einen unerwünschten Einblick der Konkurrenz in die Kundenstruktur befürchtet. Folgende Annahmen werden daher gemacht: Es werden drei gleich große Gruppen mit unterschiedlichem Nutzungsverhalten gebildet. Die erste hat ihr Telefon zwischen 0 h und 8 h am Tag in Bereitschaft, die zweite zwischen 8 h und 16 h und die dritte zwischen 16 h und 24 h (Tabelle 4.1-19).

Tabelle 4.1-19: Abschätzungen zu den Bereitschaftszeiten von GSM-Handys

| Gruppe | Zeit im Bereitschaftsbetrieb | geschätzter Durchschnitt |
|---------------------|------------------------------|--------------------------|
| sporadische Nutzung | 0 bis 8 h/Tag | 4 h/Tag |
| regelmäßige Nutzung | 8 bis 16 h/Tag | 12 h/Tag |
| häufige Nutzung | 16 bis 24 h/Tag | 20 h/Tag |
| Gesamt | | 12 h/Tag |

In Zukunft ist davon auszugehen, dass Mobiltelefone vermehrt für Datendienste genutzt werden. In einer Studie von JP Morgan (2000) wird sogar davon ausgegangen, dass dort das Kerngeschäft liegen wird. Dadurch ergeben sich vielfältigere Nutzungsmöglichkeiten des 3G-Mobiltelefons, was eine längere, durchschnittliche Bereitschaftszeit erwarten lässt. Dazu trägt auch die allmähliche Umstellung von zeitbezogener Bezahlung hin zu datenbezogener Bezahlung bei. In den D-Netzen wird beispielsweise der Datendienst GPRS über die bezogene Datenmenge abgerechnet. Der Benutzer kann jetzt kostenfrei „online“ bleiben. Darum wird die Gruppe, die ihr Mobiltelefon häufiger benutzt, doppelt so groß angenommen wie noch bei den GSM-Nutzern. Damit steigt die durchschnittliche Bereitschaftszeit je UMTS-Mobilfunkteilnehmer auf 14 h/Tag (Tabelle 4.1-21).

Spezifische Nutzungszeit der Mobiltelefone im Aktivbetrieb

Aus Wettbewerbsgründen machen die Netzbetreiber keine Angaben zur Airtime, also der Zeitdauer, die telefoniert wird. Darum muss dieser Wert abgeschätzt werden. Die Grundlage für die Abschätzung bildet die Allensbacher Computer- und Telekommunikations-Analyse 1999 (ACTA 1999). Es wurde für 1999 eine durchschnittliche monatliche Handyrechnung (einschließlich Grundgebühr) von über 50 € festgestellt⁶¹. Bei geschätzten 15 € monatlichem Grundpreis und 0,31 € pro Minute Gesprächskosten ergibt sich eine tägliche Sprechzeit von knapp 4 Minuten. Dabei wird angenommen, dass sich bei einer Nutzung ohne Grundgebühr (Prepaid) der eingesparte Betrag durch höhere Gesprächskosten aufhebt. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass hier noch keine ankommenden Gespräche, die in der Regel nicht kostenpflichtig sind, enthalten sind. Daher wird die kostenpflichtige Sprechzeit von 4 Minuten pro Tag mit zwei multipliziert. Der Faktor ergibt sich auch aus der Annahme, dass die abgehenden Gespräche in andere Netze, beispielsweise das Festnetz, und ankommende Gespräche aus diesen Netzen sich die Waage halten. Damit ergibt sich eine endgültige Sprechzeit von 8 Minuten pro Tag für 1999.

JP Morgan (2000) nimmt für die Telefonie bis 2010 ein Wachstum von 250 % gegenüber 1999 an. Dies entspricht 20 Minuten tägliches Telefonieren für 2010, gegenüber 8 Minuten für 1999. Die Werte dazwischen wurden linear interpoliert (Tabelle 4.1-20).

Hierbei sind die Kurznachrichten (SMS) schon mit eingerechnet. Für das Senden und Empfangen von SMS wird ein Strombedarf angenommen, der 6 Sekunden Leistung im Aktiv Modus entspricht. Bei über 13 Mrd. SMS (Xonio 2001) und 48,1 Mio. Kunden (OECD 2001) im Jahr 2000 entspricht dies einer äquivalenten Aktivzeit von unter 5 Sekunden am Tag, was gegenüber 9,1 Minuten Sprechen vernachlässigt werden kann.

Für UMTS muss wegen der zu erwartenden Datendienste (JP Morgan 2000) mit einer erheblich höheren Aktivzeit gerechnet werden. Sie ergibt sich nicht mehr nur aus der reinen Telefonie, sondern ein großer Teil muss für das Senden und Empfangen von Daten aufgewendet werden. Für 2002 wird mit 15 Minuten täglicher Aktivzeit gerechnet, bei linearem Anstieg für 2010 auf 30 Minuten (Tabelle 4.1-21).

⁶¹ Bei der Befragung wurde allerdings nicht unterschieden, ob es sich bei dem Befragten um einen Kunden mit vertraglicher Bindung und einem monatlich zu entrichtenden Grundpreis handelt, oder um einen Teilnehmer ohne vertragliche Bindung und ohne Grundgebühr (Prepaidkarte). Insgesamt 27,8 % der Befragten aber gaben an, ein Mobiltelefon zu besitzen, und insgesamt 27,9 % der Befragten gaben auf die Frage nach der Höhe ihrer monatlichen Mobiltelefonrechnung eine Antwort. Darum kann davon ausgegangen werden dass alle Mobilfunkteilnehmer in dieser Angabe enthalten sind, eben auch Kunden mit einer Prepaidkarte, also ohne vertragliche Bindung und ohne Rechnungsstellung. Für die Plausibilität der Angaben spricht außerdem die Übereinstimmung der Zahl der Mobilfunkkunden für Ende 1998, mit knapp 14 Mio. Mobilfunkteilnehmern (OECD, 2001), mit dem von ACTA '99 ermittelten Wert, der Anfang 1999 erfragt wurde.

Tabelle 4.1-20: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
GSM-Mobiltelefon

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|----------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH/ Büros | | | | | | |
| 2001 | 11,64 | 0,36 | - | 62 | 4318 | - |
| 2005 | 7,23 | 0,08 | - | 88 | 4292 | - |
| 2010 | 5,81 | 0,06 | - | 120 | 4260 | - |

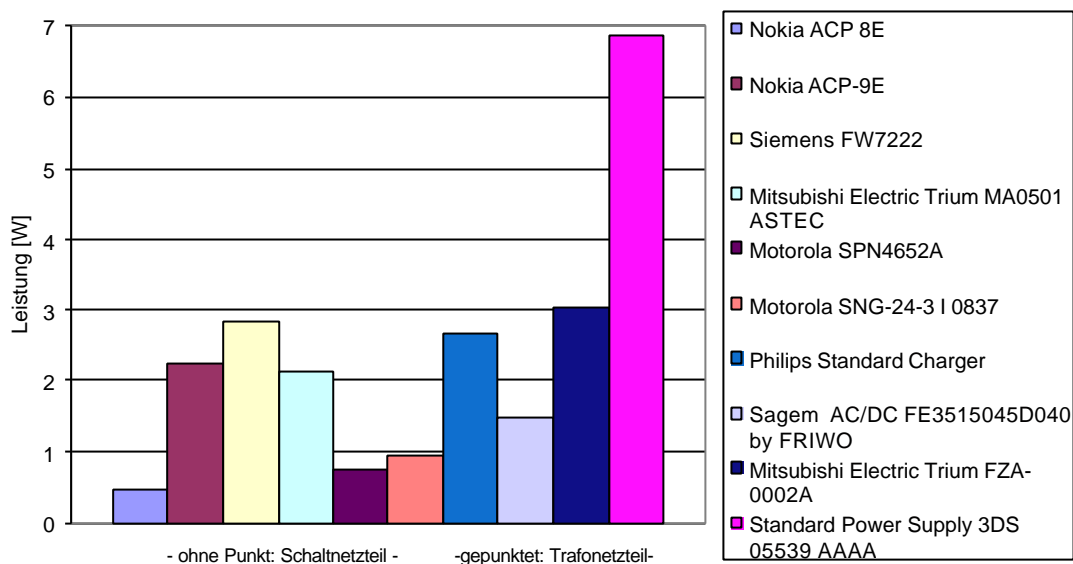
Tabelle 4.1-21: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
UMTS-Mobiltelefon

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|----------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH/ Büros | | | | | | |
| 2001 | - | - | - | - | - | - |
| 2005 | 15,77 | 0,38 | - | 131 | 4979 | - |
| 2010 | 7,06 | 0,13 | - | 182 | 4928 | - |

Ladegeräte der Mobiltelefone im Leerlauf

Zur Bestimmung des Leerlaufverlustes der Handyladegeräte wurden 10 unterschiedliche Steckernetzteile hinsichtlich ihrer Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb untersucht. Diese Messungen zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen der Leistungsaufnahme von Trafo- und Schaltnetzteilen (Abbildung 4.1-4). So hat die Gruppe der Schaltnetzteile eine deutlich geringere Leistungsaufnahme im Leerlaufbetrieb als die der Trafonetzteile.

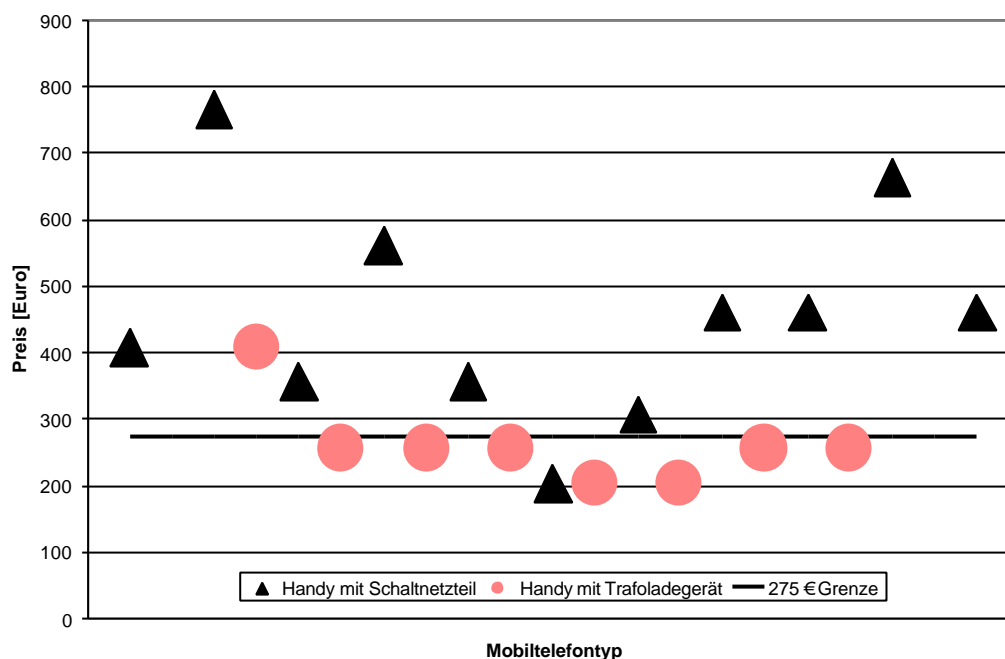
Abbildung 4.1-4: Bereitschaftsleistung von Ladegeräten für Mobiltelefone



Quelle: eigene Messungen

Bei den Recherchen für die Zusammenhänge zwischen Mobiltelefon und mitgeliefertem Ladegerät in den Gerätebeständen einzelner Mobilfunkläden hat sich gezeigt, dass ältere Handys meist mit Trafoladegeräten ausgestattet wurden und entgegen der Einschätzung von Böde et al. (2000a) nur ein sehr langsamer Trend zur Verwendung der modernen und effizienteren Schaltnetzteile erkennbar ist. Diese werden ausschließlich, aber auch nicht durchgehend bei teureren Geräten eingesetzt (ab 255 € nicht subventionierter Preis; Abbildung 4.1-5).

Abbildung 4.1-5: Verteilung des Ladegerätstyps nach Handypreis



Quelle: eigene Recherche

Die in Tabelle 4.1-22 aufgeführten Leistungswerte basieren auf den durchgeführten Messungen. Dabei wurde eine leicht abnehmende Tendenz für 2010 angenommen, da vermehrt energieeffizientere elektronische Ladegeräte zum Einsatz kommen.

Spezifische Betriebszeiten der Ladegeräte im Leerlauf

Für die Steckernetzteile muss ebenfalls eine Zeit für den Bereitschaftsbetrieb angenommen werden. Viele Mobilfunkteilnehmer lassen das Ladegerät nach vollendeter Aufladung, also bei nicht mehr angeschlossenem Handy, am Netz (Leerlaufbetrieb). Hierfür wird für GSM- und UMTS-Teilnehmer angenommen, dass jeder vierte Nutzer sein Ladegerät rund um die Uhr eingesteckt lässt (Tabelle 4.1-22).

Tabelle 4.1-22: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Ladegeräte der GSM/UMTS-Mobiltelefone im Leerlauf

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|---------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH/ Büro | | | | | | |
| 2001 | - | 2 | - | - | 2190 | - |
| 2005 | - | 1 | - | - | 2190 | - |
| 2010 | - | 0,5 | - | - | 2190 | - |

4.1.6 Personal Computer

Desktop PCs

Der spezifische Energiebedarf von Personal Computern hat sich in den vergangenen Jahren stark verändert und wurde in der Forschung bereits mehrfach untersucht. Eine energetische Bilanzierung eines Personalcomputers wurde von Dreier et al. (2000) vorgenommen. Der betrachtete PC mit einem Pentium-Pro Prozessor mit einer Taktfrequenz von 166 MHz ist nach heutigen Maßstäben als veraltet einzuschätzen. Zum Zeitpunkt der Durchführung der vorliegenden Studie lag die Taktfrequenz von marktgängigen Geräten bereits um das Zehnfache höher. Dennoch enthalten die Ergebnisse wichtige Hinweise. Die Leistungsaufnahme wurde im Normalbetrieb mit rund 120 Watt angegeben (siehe Tabelle 4.1-23).

Tabelle 4.1-23: Leistungsaufnahmen eines PC nach Dreier et al. 2000

| Leistungsaufnahmen in Watt | Betriebsmodus | | | |
|-------------------------------|---------------|----------|---------|-----|
| | Aktiv | Stand-by | Suspend | Off |
| Gerätekomponente | | | | |
| CPU | 30 | 30 | 30 | 2 |
| Festplatte | 3 | - | | |
| Diskettenlaufwerk | 14 | - | | |
| CD-Rom | 9 | - | | |
| Monitor | 67 | 12 | 3 | |

Barthel et al. (2000) geben höhere Werte für den Energiebedarf an. Danach benötigt die CPU eines nicht näher definierten PCs 40 Watt, die Peripheriegeräte im Gehäuse (Laufwerke, Ventilatoren usw.) 70 Watt und der Monitor 90 Watt. Koomey et al. (1999) führt dagegen lediglich eine Leistungsaufnahme von 40 Watt an, die an einem Rechner mit einem Pentium 3 mit einer Taktfrequenz von 500 MHz gemessen wurden. Die Ergebnisse werden im Wesentlichen in der erweiterten Studie von Kawamoto et al. (2001) bestätigt, die auf Grund von eigenen Messungen und Herstellerangaben eine Leistungsaufnahme von 50 Watt für PCs in Haushalten und von 55 Watt für PCs in Büros ermittelt haben. Der direkte Vergleich der Daten von Koomey et al. (1999) und Kawamoto et al. (2001) mit den Messergebnissen von Dreier et al. (2000) ist nicht möglich, da es sich bei den Werten der ersten beiden Autoren vom Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) im ersten Fall um einen über einen Tag ermittelten Durchschnittswert handelt und im zweiten Fall über den Durchschnitt über den gesamten Bestand, während Dreier et al. (2000) die Leistungsaufnahme der wesentlichen Komponenten im Betriebszustand erfasst haben. Diskettenlaufwerk und CD-ROM-Laufwerk werden jedoch nur zu einem geringen Teil der Nutzungszeit betrieben und sollten bei einem Vergleich der Daten nicht mit der vollen Leistungsaufnahme einbezogen werden. Messergebnisse von derzeit

marktgängigen PCs können z. B. bei Schnurer (2001) gefunden werden. Die Leistungsaufnahme der fünf untersuchten Geräte lag im Normalbetrieb zwischen 68 Watt und 114 Watt (Durchschnitt der Geräte: 99 Watt), im Stand-by zwischen 35 Watt und 59 Watt (Durchschnitt: 46 Watt) und im Auszustand (hier tatsächlich ein Schein-Aus-Zustand) zwischen 1,6 Watt und 5,8 Watt. Hinweise über die Leistungsaufnahme von Hauptprozessoren können aus den Herstellerangaben zu der thermischen Energieabgabe entnommen werden (z. B. Intel 2002).

Der Energiebedarf eines PC wird jedoch nicht nur vom Hauptprozessor bestimmt, sondern zunehmend auch von den weiteren Komponenten. Der vermehrte Energiebedarf von Komponenten lässt sich deutlich am zunehmenden Einsatz von Lüftern erkennen. Während die ersten Generationen von PCs noch mit einem einzigen Gehäuselüfter auskamen, wurde mit dem Pentium ein eigener Lüfter für den Prozessor notwendig, um einer eventuellen Überhitzung vorzubeugen. Seit einigen Generationen sind Prozessorlüfter am Hauptprozessor absolute Notwendigkeit, da er sich ohne ausgefeilte Kühlung innerhalb weniger Sekunden überhitzen würde. Neben dem Hauptprozessor werden inzwischen auch die Grafikprozessoren auf den aufwendigen Grafikkarten der PCs mit eigenen Lüftern versehen. Solche Grafikkarten werden insbesondere für Computerspiele verwendet und stellen ein Differenzierungsmerkmal zu Büro-PCs dar, die in der Regel deutlich einfachere Grafikkarten aufweisen. Mit der Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit der Hauptprozessoren wurde sukzessive auch die Taktfrequenz der umgebenden Systeme erhöht, was wiederum eine erhöhte Leistungsaufnahme bewirkt. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie wurden bereits erste Kühlsysteme für Hauptspeicherprozessoren zum Selbsteinbau angeboten. Diese sind noch keineswegs Standard, zeigen jedoch auf, wohin die zukünftige Entwicklung führen wird, wenn der Trend zu immer leistungsfähigeren PCs unvermindert anhält. Allerdings ist die Leistungsfähigkeit von PCs inzwischen so groß, dass eine weitere Steigerung der primären Leistungsmerkmale nur noch bedingt Vorteile mit sich bringt. Die meisten Büroanwendungen schöpfen die Leistungsreserven der heute marktgängigen PCs nicht mehr aus. Daher treten zumindest in diesem Bereich vermehrt sekundäre Geräteeigenschaften wie die Geräuschentwicklung (Windeck 2001) oder der Energiebedarf in den Vordergrund.

Unter den weiteren Systemkomponenten ist die Festplatte am häufigsten im Einsatz, da sie um einen schnellen Systemzugriff zu ermöglichen, im Normalbetrieb permanent mitläuft. Allerdings hat die Erhöhung der Speicherkapazität nicht in gleichem Maße zu einer Erhöhung des Energiebedarfs geführt, da die Leistungssteigerungen vor allem über eine Erhöhung der Datendichte erreicht wurde. Mit der Erhöhung der Drehzahl dürfte jedoch auch ein Anstieg der Leistungsaufnahme stattgefunden haben. Diskettenlaufwerke und CD-ROM Laufwerke befinden sich bei den meisten Anwendungen nur selten in Betrieb und wirken damit nur sehr bedingt auf den Energiebedarf ein. Eine Ausnahme stellen Computerspiele dar, die zum Teil nur mit dauerndem Zugriff auf die CD-ROM betrieben werden können. Da DVD-Lauf-

werke neue Nutzungen bieten, insbesondere die Möglichkeit Filme anzuschauen, könnten diese Geräte häufiger verwendet werden als die beiden vorher genannten.

Die anhand der Literaturwerte und der eigenen Messungen gewählten Werte für die durchschnittliche Leistungsaufnahme von PCs sind in Tabelle 4.1-24 dargestellt. Für die Zukunft ist in Haushalten weiterhin von einer Zunahme der Leistungsaufnahme von PCs im Normalbetrieb auszugehen. Bisher gilt weiterhin die nominale Taktfrequenz der Prozessoren als eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale. Die Steigerung der Taktfrequenz ist trotz Bemühungen um eine Begrenzung der Stromaufnahme und der damit verbundenen Wärmeentwicklung mit einem erhöhten Energiebedarf verbunden.

Zur Nutzungsdauer von PCs allgemein können die Studien von Barthel et al. (2001) und Kawamoto et al. (2001) herangezogen werden. Die ACTA-Berichte enthalten für die Jahre bis 2000 ebenfalls Ergebnisse zur Nutzungsdauer aus den Befragungen. Ab dem Berichtsjahr 2001 wurde die Nutzungsdauer von PCs nicht mehr im Rahmen der ACTA-Studie erhoben. Eine weitere Quelle für die Nutzungsdauer von PCs stellt die Media-Analyse dar. Die Mediennutzung des PCs bzw. Internets in privaten Haushalten ist in den letzten Jahren ständig gestiegen. Betrug die tägliche Onlinenutzung im Jahr 2000 noch 13 Minuten, so hat sich die Nutzungszeit im Jahr 2001 verdoppelt und beträgt jetzt 26 Minuten (Media Perspektiven Basisdaten 2001). Für die Studie wird von einer jährlichen Nutzungszeit der PCs in Haushalten von *370 h/a* ausgegangen. Bei Online-Diensten und PC-Nutzung in privaten Haushalten ist für die nächsten Jahre ein starker Zuwachs zu erwarten (Zoche et al. 1998). Die Nutzungszeiten erhöhen sich bis zum Jahr 2005 um 15 % und wachsen bis zum Jahr 2010 um weitere 15 %. Für die Nutzungszeiten der PCs im Büro – wo er vielfach das wichtigste Arbeitsmittel darstellt – liegt dagegen mit *1870 h/a* Normalbetrieb wesentlich höher als in privaten Haushalten. Zusammen mit einem Bereitschaftsbetrieb von *330 h/a* ergibt sich eine Gesamtnutzungsdauer von *2200 h/a*. Dieser Wert wurde auf Basis einer Schätzung für die Dauer der Büroarbeitszeit einschließlich aller Arbeitspausen von 8 bis 10 Stunden täglich angenommen. Für die Prognosejahre 2005 und 2010 wurde eine Abnahme der Normalbetriebszeit zugunsten des Bereitschaftsbetriebs als eine Wirkung der Bemühungen um eine höhere Effizienz von PCs angenommen (z. B. Energy Star).

Tabelle 4.1-24: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Personal Computer (PC)

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 55 | 25 | 4 | 370 | 1250 | 4998 |
| 2005 | 60 | 25 | 4 | 425 | 1417 | 4843 |
| 2010 | 65 | 25 | 4 | 480 | 1656 | 4637 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 50 | 25 | 4 | 1870 | 330 | 5248 |
| 2005 | 50 | 20 | 4 | 1540 | 660 | 5248 |
| 2010 | 50 | 20 | 4 | 1430 | 770 | 5248 |

Notebooks

Mobile Computer gewinnen in Deutschland in den vergangenen Jahren zunehmend an Beliebtheit. Für diese Entwicklung gibt es mehrere Ursachen. Zunächst einmal ist es den Computer-Herstellern gelungen, die Leistung von mobilen Computern den Standgeräten anzunähern. Standardanwendungen können mit Notebooks seit Ende der neunziger Jahre genauso problemlos durchgeführt werden wie mit PCs, wobei aus den begrenzten Abmessungen der Geräte immer noch Einschränkungen bei der Bildschirmgröße und beim Design und der Größe der Tastatur bestehen. Diese Restriktionen können an einem festen Arbeitsplatz jedoch durch externe Peripheriegeräte beseitigt werden. Ein zweiter Grund für den Erfolg von Notebooks in den letzten Jahren wird im Preisverfall gesehen, der noch deutlicher ausfiel als bei den herkömmlichen PCs. Im Bürobereich trug daneben die immer besser gelöste Anbindung der mobilen Geräte an die Firmennetzwerke zur Verbreitung der Geräte bei. Die Verbesserung der Akkutechnologien und der Power-Management Systeme, die längeres Arbeiten unabhängig vom Stromnetz ermöglichen, sind ebenfalls am Erfolg von Notebooks beteiligt.

Der Energiebedarf von Notebooks lag immer deutlich unterhalb desjenigen von herkömmlichen PCs, da mit dem begrenzten Energieinhalt der Akkus eine möglichst lange Arbeitszeit unabhängig vom Netz erreicht werden sollte (vgl. Tabelle 4.1-25). Kawamoto et al. (2001) geben eine Leistungsaufnahme von 15 Watt bei Notebooks im Normalbetrieb an. Dies ist weniger als ein Drittel des Werts von 55 Watt, der von den Autoren für Standgeräte ermittelt wurde. Der deutlich niedrigere Energiebedarf von Notebooks wurde durch eine konsequent auf Energieeffizienz optimierte Rechnerarchitektur erreicht. Kern dieser Bemühungen ist die variable Taktfrequenz des Hauptprozessors, die er ermöglicht, im Akkubetrieb bei einem langsameren Takt die Leistungsaufnahme zu senken. Die aufwändigere Rech-

ner- und Prozessorarchitektur führte zu höheren Kosten bei Notebooks im Vergleich zu den Standgeräten.

In den vergangenen Monaten konnte allerdings ein neuer Trend bei Notebooks für den privaten Bereich beobachtet werden. In diesem Marktsegment, werden inzwischen auch Geräte mit billigeren Desktop-Prozessoren ausgerüstet, die eine höhere Taktfrequenz erreichen. Für die Vermarktung kann dann mit der hohen Rechenleistung geworben werden, während die höhere Leistungsaufnahme nicht so sehr ins Gewicht fällt, da Notebooks in Privathaushalten offenbar nur selten im reinen Akkubetrieb genutzt werden. Wirtgen (2002) hat Notebooks untersucht, die in ihren Leistungen PCs ähneln und als Substitut dienen können. Unter den Geräten befanden sich acht mit mobilen Prozessoren und drei mit Desktop-Prozessoren sowie ein Gerät von Apple. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme der Geräte mit den energieeffizienteren Prozessoren lag bei Grundlast (ohne Prozessoraktivität) 26,3 Watt, während sie bei den Geräten mit normalen Prozessoren bei 35,7 Watt lag. Das Notebook von Apple wies bei fast allen vom Autor durchgeführten Messungen die niedrigsten Werte auf. Daran zeigt sich, dass mit einer anderen Rechnerarchitektur eine vergleichbare Leistung bei deutlich geringerem Energiebedarf erzielt werden kann. Die von Wirtgen (2002) untersuchten Notebooks sind jedoch nicht als repräsentativ für den gesamten Markt an mobilen Computern anzusehen, da insbesondere bei gewerblicher Nutzung andere Faktoren wie die Akkulebensdauer und das Gewicht eine größere Rolle spielen als die reinen Leistungsdaten. Das große Marktsegment für so genannte „ultra-portable“ Notebooks belegt dies deutlich. Dennoch zeigt die Entwicklung von Geräten, die mit PCs konkurrieren sollen, dass insbesondere im Bereich der privaten Haushalte, die durchschnittliche Leistungsaufnahme von Notebooks weiter ansteigen dürfte, während dies für den Bereich der Büros weniger zu erwarten ist. Bei der Leistungsaufnahme im Schein-Aus wurde angenommen, dass hier eine moderate autonome Entwicklung zu mehr Effizienz hin stattfindet.

Auch bei Notebooks müsste an sich der Wirkungsgrad beim Aufladen und Entladen des Akkus mit einbezogen werden. Da es keine Daten zum Anteil der Nutzung von Notebooks im Netzbetrieb und im Akkubetrieb gibt, konnte hier keine fundierte Unterscheidung vorgenommen werden. Aus diesem Grund und aus der Annahme, dass noch immer der Netzbetrieb von Notebooks überwiegt, wurde der Mehrbedarf durch den Akkueinsatz hier nicht weiter berücksichtigt.

Die Nutzungszeiten von Notebooks/Laptops im Bürobereich sind mit denen von Desktop-PCs vergleichbar, da Notebooks häufig als Substitut für Desktop-PCs verwendet werden. Gegenüber den Desktop-PCs wurde jedoch von der Gesamtbetriebszeit von 2200 h/a ein deutlich höherer Teil dem Bereitschaftsbetrieb zugeordnet, da bei Notebooks das Power-Management deutlich häufiger aktiviert ist und da kleine Sub-Notebooks auch nur als Reisegeräte verwendet werden und bei Arbeiten im Büro eher in Bereitschaft in einer Docking-Station betrieben werden.

Tabelle 4.1-25: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Notebooks

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 18 | 6 | 4,0 | 370 | 671 | 5286 |
| 2005 | 21 | 6 | 2,5 | 425 | 667 | 5251 |
| 2010 | 25 | 6 | 1,5 | 480 | 662 | 5216 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 18 | 6 | 4,0 | 1430 | 770 | 3280 |
| 2005 | 20 | 6 | 2,5 | 1430 | 770 | 3280 |
| 2010 | 22 | 6 | 1,5 | 1430 | 770 | 3280 |

PDA

PDAs werden in der Regel im mobilen Einsatz genutzt. Um einen möglichst lange Betriebsdauer über Batterie oder Akku zu ermöglichen werden besonders energieeffiziente Geräte gebaut. Bei der Übertragung der Energie vom Netz auf den Akku treten jedoch Verluste auf. Zum einen bei der Umwandlung der Netzspannung auf die Betriebsspannung des PDAs und zum anderen durch Verluste beim Aufladen und Entladen des Akkus. Diese Verluste sind bei den in Tabelle 4.1-26 aufgeführten Leistungsaufnahmen berücksichtigt. Die Nutzungszeiten für PDAs beträgt nach Schätzung der Studie für den Bürobereich insgesamt *65 h/a*. Die mobilen Geräte werden sich in den nächsten Jahren rasch verbreiten und übernehmen auch zunehmend Funktionen eines Laptops auf Reisen. Für die Studie wird deshalb davon ausgegangen, dass sich die Nutzungszeiten im Jahr 2005 auf *110 h/a* und Im Jahr 2010 auf *220 h/a* erhöhen. Für den Haushaltsbereich wird von einer geringeren Nutzungsintensität und damit geringerer Nutzungszeit ausgegangen.

Tabelle 4.1-26: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: PDA

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 1,5 | 1,2 | 1,0 | 60 | 2436 | 3132 |
| 2005 | 1,5 | 1,0 | 0,75 | 70 | 2426 | 3132 |
| 2010 | 1,5 | 0,8 | 0,5 | 78 | 2418 | 3132 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 1,5 | 1,2 | 1,0 | 65 | 2575 | 3060 |
| 2005 | 1,5 | 1,0 | 0,75 | 110 | 2530 | 3060 |
| 2010 | 1,5 | 0,8 | 0,5 | 220 | 2420 | 3060 |

4.1.7 Monitore

Grundsätzlich befinden sich zwei Technologien auf dem Markt und im Bestand der Geräte in Haushalten und Büros. Die klassische Variante stellen die Kathodenstrahl-Monitore dar, bei denen das Bild in einer Braun'schen Röhre durch einen Elektronenstrahl auf die Rückseite der Betrachtungsfläche projiziert wird, die mit anregbaren Phosphorpigmenten beschichtet ist. Die neuere Variante stellen die LCD-Bildschirme dar, bei denen das Bild durch einzelne, dauerhaft geschaltete Punkte erzeugt wird, die von der Rückseite beleuchtet werden. Das Bild wird nicht jedes Mal komplett neu aufgebaut, sondern nur durch Schalten der einzelnen Punkte verändert.

Bei Monitoren sind mehrere Trends auszumachen, die sich auf den Energiebedarf auswirken. Zunächst hat es in den vergangenen Jahren einen deutlichen Preisverfall bei den immer noch vorherrschenden Kathodenstrahlmonitoren (CRT-Monitor von Cathode-Ray-Tube) gegeben. Während vor fünf Jahren ein einfacher 15-Zoll Monitor um 500 Mark kostete, sind heute 17-Zoll Monitore für Preise unter €150 auf dem Markt verfügbar. Die billigsten 19-Zoll Monitore werden ab ungefähr €250 angeboten. Der Preisverfall hat dazu geführt, dass sich die Standardgröße der CRT-Monitore zu 17 bis 19 Zoll-Geräten hin verschoben hat. Außerdem gelang es den Herstellern neben der Kostensenkung weitere Qualitätsverbesserungen zu erreichen. CRT-Monitore werden mit völlig ebener Bildröhre angeboten, die Bildwiederholfrequenz liegt bei den allermeisten Geräten so hoch, dass unter keinen Umständen ein Flimmern auftritt. Gegenüber LCD-Bildschirmen weisen CRT-Monitore eine höhere Farbtreue und eine größere Winkelunabhängigkeit auf. Die von 15-Zoll Diagonale auf 17 bis 19-Zoll gewachsene Betrachtungsfläche führt bei CRT-Monitoren zwangsläufig auch zu einem wachsenden Volumen, da die Kathode bei einer größeren abzudeckenden Fläche weiter von der Bildschirmfläche entfernt sein muss. Das mit der gewachsenen Betrachtungsfläche ebenfalls angestiegene Volumen der CRT-Bildschirme stellt inzwischen einen gewichtigen Nachteil dieser Geräteart dar.

LCD-Bildschirme werden auf Grund ihrer wenig voluminösen Bauweise auch als Flachbildschirme bezeichnet. Auch bei diesen Geräten hat es in den vergangenen Jahren deutliche Preissenkungen gegeben. So wird in Test (2002) berichtet, dass im Zeitraum von Ende 1999 bis Ende 2001 die Preise der untersuchten 15-Zoll LCD-Bildschirme von mindestens € 1200 auf ungefähr €450 für die billigsten Geräte gefallen sind. Damit besteht zwischen den beiden Gerätearten immer noch ein deutlicher Abstand in den Preisen. Beim Vergleich der Preise und Größen muss jedoch beachtet werden, dass unterschiedlich gemessen wird. Bei CRT-Bildschirmen wird die diagonale Ausdehnung des Glaskörpers gemessen, die jedoch nicht vollständig zur Darstellung des Bildes zur Verfügung steht. Bei LCD-Bildschirmen wird dagegen die sichtbare Diagonale gemessen, so dass ein 15-Zoll LCD-Monitor grob einem 17-Zoll CRT-Monitor entspricht. Die Bildqualität von LCD-Monitoren wird

von Test (2002) als insgesamt besser bewertet als die von CRT-Monitoren, da die Technik der Flachbildschirme in den letzten Jahren deutlich verbessert wurde. Lediglich der mögliche Betrachtungswinkel, die Geschwindigkeit des Bildaufbaus und die Farbgleichmäßigkeit erreichen noch nicht die Werte von Röhrengeräten.

Der Energiebedarf der beiden Gerätearten unterscheidet sich erheblich (vgl. Tabelle 4.1-27 und Tabelle 4.1-34). Kathodenstrahlmonitore weisen eine Leistungsaufnahme – je nach Größe – zwischen 65 und 120 Watt im Normalbetrieb auf, während die von Test (2002) untersuchten LCD-Bildschirme zwischen 17 und 31 Watt im Normalbetrieb benötigten. Ein Technologiewechsel von CRT-Monitoren zu LCD-Bildschirmen birgt damit ein erhebliches Einsparpotenzial im Normalbetrieb. Auch im Stand-by-Betrieb waren die von Test (2002) untersuchten Geräte im Durchschnitt effizienter als die CRT-Geräte, wobei der Unterschied hier nur noch knapp ist. Auffällig sind die Schein-Aus-Verluste, die bei allen LCD-Monitoren auftreten. Bei CRT-Geräten ließen sich zumindest zwei Geräte noch völlig abschalten. Auch in einem früheren Vergleich (Test 1999b) ließ sich zumindest ein kleiner Teil der Röhrengeräte völlig ausschalten, während die beiden untersuchten Flachbildschirme einen Schein-Aus-Verlust aufwiesen.

Die Nutzungszeiten der Monitore im Normalbetrieb sind direkt an die der PCs gekoppelt.

Tabelle 4.1-27: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Kathodenstrahl-Bildschirme

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 70 | 15 | 3 | 370 | 625 | 3883 |
| 2005 | 73 | 15 | 2 | 425 | 708 | 3813 |
| 2010 | 75 | 15 | 1 | 480 | 828 | 3726 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 80 | 15 | 3 | 1870 | 550 | 5072 |
| 2005 | 80 | 15 | 2 | 1540 | 880 | 5072 |
| 2010 | 80 | 15 | 1 | 1430 | 990 | 5072 |

Tabelle 4.1-28: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
LCD-Bildschirme

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 20 | 5 | 2,5 | 370 | 875 | 3758 |
| 2005 | 20 | 5 | 1,5 | 425 | 992 | 3672 |
| 2010 | 20 | 5 | 1 | 480 | 1159 | 3560 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 22 | 5 | 2,5 | 1870 | 550 | 5072 |
| 2005 | 22 | 5 | 1,5 | 1540 | 880 | 5072 |
| 2010 | 22 | 5 | 1 | 1430 | 990 | 5072 |

4.1.8 Drucker

Bei Druckern herrschen zwei Technologien vor: Tintenstrahldrucker und Laserdrucker (vgl. auch Böde et al. 2000a). Nadeldrucker (auch Matrixdrucker genannt) oder Typenraddrucker finden nur noch in Nischenanwendungen Gebrauch. Das gleiche gilt für Thermopapierdrucker oder Farbemulsionsdrucker. Tintenstrahldrucker erfreuen sich wegen ihrer einfachen und kostengünstigen Bauweise großer Beliebtheit und werden vor allem in privaten Haushalten verwendet. Zudem sind heute praktisch alle Tintenstrahldrucker in der Lage, farbig zu drucken. Das mit ihnen erzielbare Schriftbild steht bei guten Geräten dem von Laserdruckern nur wenig nach. In Büros werden Tintenstrahldrucker häufig als Geräte für Farbausdrucke verwendet. Eine weitere Kostensenkung bei Farblaserdruckern würde wahrscheinlich zu einer Technologiesubstitution führen, da dann Dokumente mit einem geringen Anteil an farbigen Elementen (z. B. ein Textdokument mit wenigen farbigen Abbildungen) auf einem Gerät in einheitlich guter Qualität erstellt werden können.

Laserdrucker sind vor allem im Bürobereich sehr verbreitet. Sie bieten eine gute Druckqualität und die wahrnehmbaren Betriebskosten für Verbrauchsmittel (Toner) sind bei vielen Geräten sehr gering. Das Einbrennverfahren der Pigmente erzeugt robuste und langlebige Ausdrücke. Bei Laserdruckern wird ein Großteil des Energiebedarfs für die Beheizung der Trommel verwendet, mit der der Toner nach dem Auftragen auf das Druckmedium eingebrannt wird. Um beim Eintreffen eines Druckauftrages keine großen Zeitverzögerungen zu verursachen, wird die Einbrenntrommel bei heutigen Druckern üblicherweise durch eine elektrische Widerstandsheizung dauerhaft warmgehalten.

Vor allem bei Tintenstrahldruckern hat der Kostendruck bei den Herstellern dazu geführt, dass Ausschalter allenfalls auf der Niederspannungsseite des Netzgeräts eingebaut werden. Der niedrige Preis einfacher Tintenstrahldrucker, die bei manchen Paketangeboten mit Computern quasi kostenlos als Zugabe mitgeliefert werden, trägt zu der weiten Verbreitung von Geräten mit Leerlaufverlusten bei, die ein Mehrfaches des Strombedarfs im Betrieb ausmachen. Für die Hersteller von Druckern sind die Einnahmen aus dem Verkauf von Verbrauchsmaterialien bei den kostengünstigen Geräten mit die Haupteinnahmequelle.

Da die Nadeldrucker nur noch in Nischenanwendungen Gebrauch finden, wurden sie nicht näher untersucht. Die gewählten Leistungsaufnahmen stützen sich daher auf die von Böde et al. (2000a) gemachten Annahmen (vgl. Tabelle 4.1-31). Die Leistungsaufnahme der Bürolaserdrucker wurde wegen der großen Verbreitung der Geräte eingehender untersucht. Da im Haushaltsbereich kleinere und weniger leistungsstarke Laserdrucker eingesetzt werden, wurde hier eine geringere Leistungsaufnahme gewählt (vgl. Tabelle 4.1-30). Die Tintenstrahldrucker im Bürobereich unterscheiden sich dagegen nur unwesentlich von den Geräten in privaten Haushalten und weisen daher gleiche Leistungsaufnahmen auf (vgl. Tabelle 4.1-29).

Böde et al. (2000a) gehen in ihrer Untersuchung von einer Nutzungszeit der Drucker im Normalbetrieb von 60 h/a aus. Für die Studie wird ein geringerer Wert angesetzt, dieser beträgt 30 h/a für die privaten Haushalte. Für den Bürobereich wird von einer Betriebszeit von 2310 h/a ausgegangen. Dies entspricht dem Betrieb während der Büroarbeitszeit.

Tabelle 4.1-29: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Tintenstrahldrucker

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 20 | 6 | 4 | 30 | 698 | 6460 |
| 2005 | 20 | 6 | 3 | 35 | 698 | 6457 |
| 2010 | 20 | 6 | 2 | 40 | 698 | 6452 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 30 | 6 | 4 | 110 | 2200 | 5160 |
| 2005 | 30 | 6 | 3 | 110 | 2200 | 5160 |
| 2010 | 30 | 6 | 2 | 110 | 2200 | 5160 |

Tabelle 4.1-30: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Laserdrucker

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 150 | 20 | 3 | 30 | 698 | 4801 |
| 2005 | 150 | 20 | 3 | 35 | 698 | 4799 |
| 2010 | 150 | 20 | 3 | 40 | 698 | 4796 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 350 | 50 | 2 | 220 | 2090 | 5160 |
| 2005 | 350 | 50 | 2 | 330 | 1980 | 5160 |
| 2010 | 350 | 50 | 2 | 440 | 1870 | 5160 |

Tabelle 4.1-31: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Nadeldrucker

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 30 | 16 | 2 | 30 | 698 | 3231 |
| 2005 | 30 | 16 | 2 | 35 | 698 | 3228 |
| 2010 | 30 | 16 | 2 | 40 | 698 | 3226 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 30 | 16 | 2 | 440 | 3080 | 4192 |
| 2005 | 30 | 16 | 2 | 440 | 3080 | 4192 |
| 2010 | 30 | 16 | 2 | 440 | 3080 | 4192 |

4.1.9 Sonstige Geräte der Datenverarbeitung

Scanner

Die am häufigsten verbreiteten Scanner sind heute Flachbettscanner, bei denen die Vorlage ähnlich wie bei einem Fotokopierer auf eine Glasscheibe aufgelegt wird und dann durch eine kombinierte Einheit aus Lampe und Abtastsensor abgefahren und dabei eingelesen wird. Handscanner werden noch auf dem Markt angeboten und sind auch kaum verbreitet. Zum Digitalisieren von Filmen (Negative oder Diapositive) können auch Flachbettscanner verwendet werden, die mit einem Durchlichtaufsatz ausgestattet sind. Dabei wird das zu digitalisierende Medium von einer zusätzlichen Lichtquelle aus dem Durchlichtaufsatz durchleuchtet und vom Abtastsensor im Gerät eingelesen. Eine bessere Qualität lässt sich mit speziellen Durch-

lichtscannern erzielen, die jedoch auf Grund ihres hohen Preises nur einen Nischenmarkt erreichen.

Einfache Scanner für den Gebrauch in privaten Haushalten werden zu Preisen deutlich unter einhundert Euro auf dem Markt angeboten. Um zu solch niedrigen Preisen anbieten zu können, werden die Geräte nur mit den allernotwendigsten Einrichtungen ausgestattet. Diesem Zwang zur Kostensenkung fällt in den meisten Fällen der Ausschalter zum Opfer; die Geräte sind also dauerhaft an, sobald sie über ihr externes Steckernetzteil mit dem Stromnetz verbunden sind. Alle solchen Geräte weisen dadurch hohe Leerlaufverluste auf, die in keinem sinnvollen Verhältnis zur seltenen Nutzung der Geräte stehen. Eine weitere Strategie der Hersteller zur Kosteneinsparung besteht darin, völlig auf das Netzteil zu verzichten und das Gerät über den Anschluss an den Computer mit Strom zu versorgen (sogenannte „USB⁶²-powered“ Geräte). Mit dieser Lösung ist es zwar auch nicht möglich, das Gerät selbst auszuschalten, aber die Leerlaufverluste des Netzgeräts werden vollständig vermieden. Über die USB-Stromversorgung können lediglich kleinere Geräte mit Strom versorgt werden, die jedoch einen großen Teil des Bestandes ausmachen.

Scanner haben in den vergangenen Jahren an Beliebtheit gewonnen. Langfristig könnte der Bedarf nach der Digitalisierung von Texten, Grafiken und Bildern dagegen eher wieder zurückgehen, da mit der Verbreitung nach Informationstechnologie wachsende Anteile der Informationen bereits digital erzeugt und verbreitet werden. Zunächst muss von einem weiter steigenden Bedarf an der Dienstleistung „Digitalisierung von bildhafter Information“ ausgegangen werden. So ist zu vermuten, dass im Bereich der privaten Haushalte ein Technologiewechsel hin zur digitalen Fotografie damit verbunden ist, zumindest einen Teil der älteren, archivierten Bilder mit einem Scanner zu digitalisieren und in neue elektronische Archive zu überführen. Nach einer Übergangsfrist, in der die Uberfuhung in die digitalen Archive stattfindet, dürfte der Bedarf nach Digitalisierung wieder zurückgehen. Ähnliches kann für Texte und Grafiken vermutet werden, die mehr und mehr als Dateien erstellt und weitergegeben werden und damit viel häufiger bereits als digitale Information vorliegen.

Die Nutzungszeiten von Scannern beruhen im Wesentlichen auf eigenen Schätzungen. Die Nutzungsdauer im Normalbetrieb wird insbesondere in privaten Haushalten als relativ gering eingeschätzt, da die Geräte in der Regel billige Zusatzgeräte sind, die nur selten einen echten Nutzen für den Anwender bieten.

⁶² USB steht für Universal Serial Bus. Dieser herstellerübergreifende Standard zur Verknüpfung von IuK-Geräten bietet auch die Möglichkeit, Tochtergerate an Computern mit geringerer Leistungsaufnahme mit Strom zu versorgen.

Tabelle 4.1-32: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Scanner

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 18 | 8 | 4 | 15 | 5896 | 500 |
| 2005 | 16 | 6 | 2 | 18 | 5908 | 500 |
| 2010 | 14 | 5 | 1 | 20 | 5904 | 500 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 18 | 8 | 4 | 110 | 5750 | 1312 |
| 2005 | 18 | 6 | 2 | 110 | 5750 | 1312 |
| 2010 | 18 | 5 | 1 | 110 | 5750 | 1312 |

Fotokopierer

Die energieintensiven Druckprozesse bei den gängigen Kopierern sind ähnlich denen des Laserdruckers. Auch bei den Kopierern muss eine Heizwalze zum Fixieren der Tonerpartikel auf dem zu bedruckenden Medium auf Temperatur gehalten werden. Hier unterscheiden sich die Geräte im Büro- und Haushaltsbereich hinsichtlich ihrer Leistungsaufnahmen. Die kleineren, platzsparenden Tisch-Kopierer im Haushalt haben eine kleinere Heizwalze. Damit können sie kompakter gebaut werden, weisen aber im Bereitschaftsmodus längere Vorlaufzeiten zum Erstellen einer Kopie auf. Außerdem sinkt die Kopiergeschwindigkeit gegenüber den Bürogeräten. Mit einer vorgeheizten und größer dimensionierten Trommel steht das Gerät im Büro-Betrieb zur ständigen Verfügung, ohne dass lästige Wartezeiten zum Aufwärmen der Fixiereinheit in Kauf genommen werden müssen. Energiespartasten bei diesen Geräten greifen an diesem Punkt an. Mit einem Absenken der Trommeltemperatur im Bereitschaftsbetrieb entsteht weniger Abwärme und damit eine geringere Leistungsaufnahme. Die in Tabelle 4.1-33 dargestellten Leistungsaufnahmen der Fotokopierer stützen sich auf eigene Messungen und Literaturwerte. Die durchgeführten Messungen im Bereitschaftsbetrieb wurden wegen der intervallartigen Schaltung des Heizelements über eine größere Zeitspanne aufgezeichnet, um einen Durchschnittswert zu erlangen.

In der Studie wird von einer Nutzungszeit in Büros von 2310 h/a ausgegangen. Dies entspricht dem Betrieb während der Büroarbeitszeit, wobei 330 Stunden auf den Normalbetrieb entfallen. Weiter wird angenommen, dass die übrige Zeit jedes vierte Gerät in den Aus-Zustand gebracht wird. Bei den Haushalten wird nur ein gelegentliches Fotokopieren unterstellt. Entsprechend kurz sind die Nutzungszeiten im Normal- und Bereitschaftsbetrieb gegenüber denen der Bürogeräte.

Tabelle 4.1-33: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Fotokopierer

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 200 | 40 | 2 | 5 | 25 | 4365 |
| 2005 | 200 | 40 | 2 | 5 | 25 | 4365 |
| 2010 | 200 | 40 | 2 | 6 | 26 | 4364 |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 800 | 100 | 2 | 330 | 1980 | 5160 |
| 2005 | 800 | 95 | 2 | 330 | 1980 | 5160 |
| 2010 | 800 | 85 | 2 | 330 | 1980 | 5160 |

Aktivboxen (PC)

Aktivboxen werden in der Regel über Steckernetzteile mit Strom versorgt. Ihre Ausgangsleistung ist in Relation zu den Hi-Fi-Verstärkern sehr gering. Entsprechend gering fallen auch die in Tabelle 4.1-34 dargestellten Leistungsaufnahmen aus. Die Nutzungszeiten wurden an die Betriebszeiten der PCs gekoppelt. Für den Normalbetrieb wird davon ausgegangen, dass knapp die Hälfte der Anwender die Aktivboxen während der Nutzung des PCs angeschaltet haben. Die Nutzungszeiten im Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb wurden analog zu den Nutzungszeiten der PCs geschätzt, allerdings wurde der Bereitschaftsbetrieb erhöht und der Normalbetrieb analog dazu reduziert, da nicht bei allen PC-Anwendungen Lautsprecher verwendet werden.

Tabelle 4.1-34: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Aktivboxen (PC)

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 3 | 1,5 | 1 | 185 | 772 | 5454 |
| 2005 | 3 | 1,5 | 1 | 213 | 879 | 5334 |
| 2010 | 3 | 1,5 | 1 | 240 | 1068 | 5216 |

Beamer

Die gewählten Leistungsaufnahmen der Beamer in Büros entsprechen weitestgehend denen eines TV-Projektors (vgl. Tabelle 4.1-35). Während bei den TV-Projektoren davon ausgegangen wird, dass sich im Jahr 2010 alle Geräte im

Normal- bzw. Bereitschaftsbetrieb befinden, wird bei den Geräten im Bürobereich auch bis zum Jahr 2010 von einem Schein-Aus-Betrieb ausgegangen. Beamer als Projektionsgeräte werden abgesehen von Lehr- und Fortbildungseinrichtungen heute noch in relativ begrenztem Zeitumfang eingesetzt, so dass von einer Nutzungszeit von einer halben Stunde pro Arbeitstag ausgegangen wurde. Für die Zukunft wurde jedoch eine stark steigende Nutzung angenommen. Während bei transportablen Geräten mit großer Sicherheit kaum ein Bereitschaftsbetrieb oder Schein-Aus-Zustand auftritt, da die Geräte meist diebstahlsicher verstaut werden müssen, ist bei fest installierten Geräten davon auszugehen, dass hier ein länger dauernder Bereitschaftsbetrieb oder ein Schein-Aus-Zustand auftritt.

Tabelle 4.1-35: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Beamer

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 180 | 7 | 2 | 110 | 1730 | 1730 |
| 2005 | 180 | 5 | 1 | 165 | 1719 | 1719 |
| 2010 | 180 | 3 | 1 | 220 | 1708 | 1708 |

4.2 Energiebedarf der gebäudeinternen Infrastruktur

Die Ermittlung der Leistungsaufnahme in den verschiedenen Betriebszuständen sowie der zugehörigen Nutzungszeiten erfolgte für die gebäudeinterne Infrastruktur nach dem gleichen methodischen Vorgehen wie bei den IuK-Endgeräten. Die ausführlichen Ergebnisse des Berechnungsmodells für die gebäudeinterne Infrastruktur enthält Anhang A2.1.2 für die privaten Haushalte sowie Anhang 2.2.2 für die Büros. Eine ausführliche Darstellung aller bei der Abschätzung der Leistungsaufnahme und der Nutzungszeiten berücksichtigten Literatur-, Erhebungs- und Messwerte ist Anhang A3.1.2 (Haushalts-Infrastruktur) und Anhang A3.2.2 (Büro-Infrastruktur) zu entnehmen.

4.2.1 Fernseher-Infrastruktur

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. Die Funktion der Umwandlung könnte zukünftig

auch in den Fernsehgeräten integriert sein, wenn es ein einheitliches Protokoll auf allen Übertragungswegen (terrestrisch, über Kabel und über Satellit) gäbe.

Satellitenempfänger/LNB

Die Satellitenempfänger dienen zur Umwandlung und Verstärkung der Satellitensignale in ein für den Fernseher verarbeitbares Signal. Der elektrische Leistungsbezug für Satellitenempfänger beträgt heute durchschnittlich 20 W im Normalbetrieb und 9 W im Bereitschaftsbetrieb (vgl. Tabelle 4.2-1). Die Geräte verfügen über keinen Aus-Schalter, mit dem das Gerät vollständig vom Versorgungsnetz getrennt werden könnte.

Die Nutzungszeit der Satellitenempfänger wurde als die Summe der Zeiten angenommen, die Fernsehgeräte durchschnittlich für die Anwendung Fernsehen genutzt werden. Hinzu kommt die Betriebszeit von Videorekordern im Aufnahmemodus, während derer kein Fernseher betrieben wird. Dies umfasst die Nutzung zum zeitversetzten Sehen und die Aufnahme während der Abwesenheit der Nutzer. Für die Zukunft ergeben sich höhere Nutzungszeiten, da auch bei digitalen Satellitenempfängern ein höheres Datenaufkommen von Zusatzdiensten zu erwarten ist.

Tabelle 4.2-1: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Satellitenempfänger

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 20 | 9 | - | 1873 | 6887 | - |
| 2005 | 20 | 9 | - | 2300 | 6460 | - |
| 2010 | 20 | 9 | - | 2800 | 5960 | - |

Für jeden Satellit, von dem Programme empfangen werden sollen, wird als zusätzliches Gerät ein sogenannter LNB (Low noise blockdown converter⁶³) benötigt, welcher die Frequenz der Satellitenübertragung (10,7 bis 12,75 GHz) auf eine für die Kabelübertragung angepasste Frequenz (1 GHz) anpasst. Für LNBs wird nach dem amerikanischen Energielabel „Energy Star“ eine Leistungsaufnahme von 5 Watt vorgesehen. Im Code of Conduct für digitale TV-Dienste der Europäischen Union (Europäische Kommission 2001b) wird dagegen ein Stand-by-Wert von je 1,3 Watt für zusätzliche LNBs an einer Satelliten-Empfangsanlage zugelassen. Hier wird für den durchschnittlichen Bestand von einer durchschnittlichen Leistung von 4 Watt (Siderius 1999) ausgegangen, vergleichbar dem Antennenverstärker, ausgegangen (vgl. Tabelle 4.2-2).

⁶³ Zum Teil werden die Low Noise Blockdown Converter auch mit LNC abgekürzt.

Tabelle 4.2-2: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: LNB

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 4 | 4 | - | 1873 | 6887 | - |
| 2005 | 4 | 4 | - | 2300 | 6460 | - |
| 2010 | 4 | 4 | - | 2800 | 5960 | - |

Antennenverstärker

Die Antennenverstärker empfangen das terrestrische Funksignal und verstärken es für die Weiterleitung zum Endgerät. Die Leistungsaufnahme ist über die Zeit konstant. In der Literatur sind elektrische Leistungen von 4 Watt (Böde et al. 2000a) und 3 bis 5 W (Siderius 1999) angegeben. Die Antennenverstärker beziehen unabhängig von der Nutzung der Endgeräte die gleiche Leistungsaufnahme.

Tabelle 4.2-3: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Antennenverstärker

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 4 | 4 | - | 1873 | 6887 | - |
| 2005 | 4 | 4 | - | 1996 | 6764 | - |
| 2010 | 4 | 4 | - | 2128 | 6632 | - |

Set-top-Box

Zur Nutzung digitaler Fernsehdienste ist ein zusätzlicher Prozessschritt notwendig, in dem die digitale Information decodiert und in ein analoges Signal umgewandelt wird. Je nach Übertragungsweg (Kabel, Satellit oder terrestrischer Funk) und Integrationstiefe des Fernsehers kommt im Vergleich zu den analogen Diensten noch ein weiteres Gerät hinzu. Die digitalen Set-top-Boxen dienen zur Umwandlung in analoge Signale und gegebenenfalls zur Entschlüsselung von Pay-TV-Angeboten. Prinzipiell ist es natürlich möglich, diese Funktionen im Fernsehgerät zu integrieren, es ist aber unwahrscheinlich, dass dies bis 2010 in bedeutendem Umfang geschehen wird. Die Angebote, Standards und der Markterfolg von digitalen TV-Angeboten sind noch zu wenig festgelegt, so dass sowohl für Anbieter als auch für Kunden das Risiko hoch ist, eine Technologie zu wählen, die sich nicht durchsetzen wird.

Die elektrische Leistungsaufnahme digitaler Set-top-Boxen liegt heute bei rund 17 Watt im Normalbetrieb und 9 Watt im Bereitschaftsbetrieb (vgl. Tabelle 4.2-4). Für die Projektionen bis 2010 wird wegen der zunehmenden Funktionalität (Multimedia-Plattform) von einer ansteigenden Leistungsaufnahme im Normalbetrieb ausgegangen. Denn die digitale Set-top-Boxen werden über die reine Empfangs- und Dekodierfunktion hinaus hin zu Multimedia-Plattformen weiterentwickelt. Damit verbunden sind zusätzliche Funktionalitäten und Hardware-Komponenten wie

- leistungsfähigere Prozessoren und größere Speicher,
- Festplatte,
- Interfaces zu Computer-Netzwerken, über drahtlose Technik (Bluetooth, WLAN, DECT) oder über kabelbasierende Technik wie Ethernet, FireWire oder USB.

Die Erweiterung der Set-top-Boxen um diese Komponenten kann die elektrische Leistung in die Größenordnung heutiger PCs (50 W) bringen (Siderius 2000). Mit Hilfe eines intelligenten Power-Managements ließe sich aber dennoch eine Leistungsaufnahme von 7 bis 9 Watt im Stand-by-Betrieb erreichen.

Die Nutzungszeit der Set-top-Boxen heute wird durch die Dauer des Fernsehkonsums und die Zeit bestimmt, in der über Videogeräte Fernsehsendungen aufgezeichnet werden, während der Fernseher ausgeschaltet ist. Die heute beobachteten Betriebszeiten werden sich wahrscheinlich in Zukunft durch die technische Entwicklung verändern. Wenn beispielsweise am Tag Informationsinhalte geladen, in der Multimediaplattform auf einer Festplatte zwischengespeichert, und am Abend „offline“ abgerufen werden, so sind Set-top-Boxen und Videorekorder/DVD-Geräte viel länger aktiv. Inwieweit die Möglichkeiten des zeitversetzten Fernsehens genutzt werden, ist nicht klar abzusehen. Möglicherweise könnte die einfache Handhabung, die keine Videokassette mehr erfordert, zu einer merklichen Erhöhung der Aufnahmedauer führen. Die vermehrte Nutzung von Pay-TV-Angeboten könnte sich ebenfalls auf die Verteilung der Betriebszustände auswirken, da bei kostenpflichtigen Angeboten eine Zugangsberechtigung auf der Gerätestufe notwendig wird. Dies kann dazu führen, dass zur Identifikationsüberprüfung die Set-top-Box permanent mit dem Dienstanbieter kommuniziert und 24 Stunden am Tag eingeschaltet ist.

Tabelle 4.2-4: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Set-top-Box

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 17 | 9 | - | 1873 | 6960 | - |
| 2005 | 21 | 9 | - | 3700 | 5060 | - |
| 2010 | 25 | 9 | - | 5600 | 3160 | - |

4.2.2 Internetinfrastruktur

Die Trennung der Kommunikations-Infrastruktur nach Datenkommunikation und Sprachkommunikation wird bereits ein Stück weit aufgehoben. In der Fernvermittlung der Telekommunikationsanbieter wird ein kleiner Teil der Sprachkommunikation schon jetzt über digitale Paketvermittlung abgewickelt. Auf der Ebene von lokalen Netzen besteht dagegen weiterhin eine klare Trennung von Daten- und Sprachkommunikation, die jedoch wahrscheinlich in Zukunft auch aufgehoben werden wird. Unter dem Begriff „Voice over IP“ werden Technologien vermarktet, die die Abwicklung der Telefondienste über die Infrastruktur der Computernetze ermöglichen. Kernpunkt ist dabei eine zuverlässige und höhere Leistungsfähigkeit der so genutzten Computernetze, da beim Telefonieren Störungen und Verzögerungen in der Übertragung nicht akzeptabel sind. Kernpunkt ist damit die Reservierung einer ausreichenden Bandbreite für die Sprachkommunikation. Das derzeit standardmäßig verwendete Internet-Protokoll IPv4 erlaubt es nicht, Datenpakete nach Prioritäten zu kennzeichnen und danach zu behandeln. Dies soll mit dem Nachfolgeprotokoll IPv6 möglich sein, was die Abwicklung von Sprachkommunikation über paketvermittelte Netze deutlich verbessern würde.

Inwieweit das Zusammenwachsen von Daten- und Kommunikationsdienstleistungen auf Endnutzer-Ebene zu einer Energieeinsparung führen wird, ist zum derzeitigen Zeitpunkt nicht abzusehen. Einerseits könnten Telefonanlagen überflüssig gemacht werden, andererseits wird eine höhere Leistungsfähigkeit der IP-Netzinfrastruktur zu einem höheren Energiebedarf durch die dazu eingesetzten Geräte führen. Fraglich ist ebenfalls, wie schnell die klassischen Telefonanlagen außer Betrieb genommen würden und ob die Effizienzgewinne durch die Weiterentwicklung der Netzinfrastrukturgeräte den Mehrbedarf aus den gestiegenen Leistungsanforderungen kompensiert.

Für Computernetzwerke besteht keine einheitliche, allgemein akzeptierte Definition und Klassifikation. Einerseits besteht die Unterscheidung von Local Area Networks (LAN, lokale Netze) und Wide Area Networks (WAN). Andererseits wird häufig auch zwischen Intranets und Extranets unterschieden. Übergeordnet existiert wiederum das Internet, das weltweite, auf dem Protokollsystem TCP/IP bestehende Netzwerk. Auch existiert für das Begriffspaar LAN und WAN keine eindeutige Abgrenzung der beiden Termini. Im Free Online Dictionary of Computing (FOLDOC 1995) wird als Begrenzung eines LANs ein Radius von einem Kilometer angegeben. Lokale Netze werden typischerweise innerhalb von Unternehmen, Behörden oder Bildungseinrichtungen betrieben. Sie verbinden vor allem PCs, Server und Drucker über eine private Infrastruktur. Nach außen sind die LANs meist über eine sogenannte „Firewall“ gegenüber weiteren Netzen, insbesondere dem Internet abgegrenzt. Die Firewall soll unbefugtes Zugreifen auf das lokale Netzwerk verhindern. Neben der Firewall besteht parallel oder integriert ein Gateway-System, das das LAN mit seinem Protokoll an das Internet mit dem TCP/IP Protokoll anbindet.

Neben den Netzen in Unternehmen und öffentlichen Einrichtung werden inzwischen auch im privaten Bereich lokale Netze eingerichtet. Vorreiter waren dabei mit Sicherheit Netze in Wohngemeinschaften von Studierenden. Mit der Verfügbarkeit von schnellen Internet-Zugängen über die ADSL-Technologie (Asynchronus Digital Subscriber Line) und der Nutzung von mehreren Computern innerhalb eines Haushaltes wird es finanziell interessant, einen schnellen Internetzugang über ein lokales Netz mit mehreren PCs gleichzeitig zu nutzen. Zur Errichtung des Netzes können PCs selbst verwendet werden, es existieren aber auch speziell dafür eingerichtete Endgeräte (z. B. Hardware-Router). Mit der einfacheren Handhabbarkeit kleiner lokaler Netze nutzen offenbar auch andere Gruppen einen Breitband-Internetanschlusses gemeinsam. Neben den oben erwähnten Wohngemeinschaften findet die gemeinsame Nutzung eines Breitbandanschlusses auch in Familien Verbreitung, in denen mehrere PCs vorhanden sind.

Dies ist eine interessante Option, seit Breitbandanschlüsse verfügbar sind, deren Leistungsfähigkeit so groß ist, dass die Bandbreite von einem Nutzer kaum ausgeschöpft werden kann. Eine wichtige Voraussetzung ist in vielen Fällen auch die Möglichkeit, eine Flatrate zu nutzen, da hierbei keine nutzungsabhängige Abrechnung unter den Teilnehmern notwendig ist. Sollten von Seiten der Service-Anbieter keine Flatrates mehr angeboten werden, wird sich dies mit Sicherheit dämpfend auf die Verbreitung von Netzwerken auswirken, da für alle potenziellen Nutzer mit getrennter Haushaltsführung ein zusätzlicher Aufwand für die Abrechnung entsteht.

Auf Seiten der Geräte ergibt sich durch Netzwerke in Haushalten und Wohnhäusern eine Verschiebung bei den Gerätearten, nicht jedoch eine linear wachsende Anzahl an Geräten. Bei der ausschließlichen Nutzung eines Breitbandanschlusses mit ADSL-Technologie durch einen PC wird für diese Anwendung ein ADSL-Splitter, der das Datensignal vom Sprachsignal trennt, und ein ADSL-Modem, das das ADSL-Signal in ein Ethernet-Signal umwandelt, benötigt. Wird ein ADSL-Anschluss von mehreren PCs genutzt, kommt zu den beiden ADSL-Geräten noch mindestens ein weiteres Gerät hinzu, das die Vermittlung (Routing) vornimmt. Gegenüber der ausschließlichen Nutzung entfallen jedoch weitere ADSL-Splitter und ADSL-Modems. Eine Bilanzierung der beiden Optionen ist kaum möglich, da es eine Vielzahl von Netzwerkkonfigurationen und Gerätearten mit unterschiedliche hohem Energiebedarf gibt. Hinzu kommt die Frage, ob PCs, die über ein Netzwerk an das Internet angeschlossen werden, ohne diese Option in dem selben Ausmaß über Breitbandanschlüsse mit einem Zugang zum Internet versorgt würden. Generell dürfte jedoch von einem geringeren Energiebedarf der Netzwerklösungen gegenüber den Einzelnutzungen ausgegangen werden.

Für die Bilanzierung des Energiebedarfs privater Haushalte entsteht durch die „privaten“ Netzwerke in Haushalten und Wohnhäusern ein Fehler für das Basisjahr, der jedoch für vertretbar klein gehalten wird. Die Bilanzierung der Infrastruktur in diesem Sektor basiert auf den Anzahlen für direkte Breitbandanschlüsse. Netzwerke

werden nicht erfasst. Im Basisjahr 2001 wird die Anzahl der privaten Netzwerke noch als unbedeutend eingeschätzt und damit auch der Fehler in der Bilanzierung. Sollten private Netzwerke eine stark steigende Verbreitung finden, müsste eine zukünftige Bilanzierung diese detaillierter mit einbeziehen. Die Projektionen für die Jahre 2005 und 2010 in dieser Studie berücksichtigen PCs in Haushalten mit Zugang zu einem Breitbandanschluss und umfassen dabei direkt oder über Netzwerke angeschlossene PCs. Für den Energiebedarf der Infrastruktur wird eine Korrektur des Energiebedarfs von ADSL-Modems nach unten vorgenommen.

Telefon-Modem

Der Modem (**Modulator-Demodulator**) ist das immer noch am häufigsten verwendete Gerät zur Anbindung von PCs in privaten Haushalten an das Internet. Während früher fast ausschließlich externe Geräte zum Einsatz kamen, sind heute die meisten angebotenen PCs für private Haushalte bereits mit einem internen Modem ausgestattet. Für die Bilanzierung des Energiebedarfs der Modems werden nur die externen Geräte gesondert betrachtet (vgl. Tabelle 4.2-5). Die internen Geräte werden mit den PCs erfasst. Eine Ausweisung des Energiebedarfs der internen Geräte ist nicht ohne erheblichen Aufwand möglich. Da der Energiebedarf der internen Modems, die auf einer Platine integriert sind, recht gering eingeschätzt wird und auch kein eigenes Netzteil auftritt, stellt die Bilanzierung der internen Geräte mit den PCs kein methodisches Problem dar. PCs für Büros sind in der Regel nicht von vornherein mit einem Modem ausgestattet, da die Geräte auf Grund der zunehmenden Einrichtung von Unternehmensnetzwerken nicht mehr über eine Telefonleitung mit dem Internet verbunden werden. Dementsprechend ist auch ein Rückgang des Bestands an Modems in Büros zu erwarten.

Die Nutzungszeiten von Modems entwickeln sich bedingt proportional zur Nutzung des Internets. In privaten Haushalten, die das Internet intensiv nutzen, kommen eher andere Technologien zum Einsatz. ISDN bietet neben einer in der Grundfunktion etwas höheren Übertragungsrate (bei Kanalbündelung auch eine mehr als doppelt so hohe Rate) den Vorteil, über die zweite Leitung telefonieren zu können. Mit ADSL werden in privaten Haushalten im Downloadbetrieb (also vom Internet zum Gerät im Haus) Übertragungsraten in mehr als zehnfacher Höhe erreicht und im Uploadbetrieb (vom Gerät im Haus ins Internet) immerhin noch die zweieinhalbfache Rate. Die Internet-Nutzer, die Modems verwenden, gehören daher eher zu der Gruppe derjenigen, die sich nicht allzu lange im Netz aufhalten.

Tabelle 4.2-5: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Modem

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 12 | 5 | 3 | 122 | 835 | 5462 |
| 2005 | 12 | 5 | 3 | 91 | 1001 | 5368 |
| 2010 | 12 | 5 | 3 | - | - | - |

DSL-Splitter

Für die Leistungsaufnahme der DSL-Splitter konnten keine Literaturangaben gefunden werden. Daher wurde eine Leistungsaufnahme von 4 Watt im Normalbetrieb geschätzt (vgl. Tabelle 4.2-6). Das Gerät muss rund um die Uhr in Betrieb sein, um jederzeit eine Trennung zwischen Telefon- und Datensignalen zu ermöglichen.

Tabelle 4.2-6: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: DSL-Splitter

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 4 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 4 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 4 | - | - | 8760 | - | - |

DSL-Modem

Die Leistungswerte im Normalbetrieb stützen sich auf die Angaben eines Fachmanns der DTAG (vgl. Tabelle 4.2-7). Der Leistungsbedarf für Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb knüpft an den der Telefon-Modems an.

Die Nutzungszeit der DSL-Modems wurde aus den Online-Zeiten der privaten Nutzer und aus den Nutzerzahlen herkömmlicher Internet-Anschlüsse (Telefon und ISDN) entwickelt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass im Jahr 2001 vor allem diejenigen einen DSL-Anschluss betrieben, die das Internet intensiv nutzen. Damit ist die durchschnittliche Nutzungsdauer eines DSL-Modems höher als die durchschnittliche Nutzungsdauer eines PCs. Mit der weiteren Verbreitung von DSL-Anschlüssen bis zum Jahr 2010 nimmt dann die durchschnittliche Nutzungsdauer wieder ab, da DSL dann mehr als Standardlösung zu sehen ist.

Tabelle 4.2-7: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: DSL-Modem

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 7 | 4 | 3 | 389 | 568 | 5462 |
| 2005 | 7 | 4 | 3 | 243 | 849 | 5368 |
| 2010 | 7 | 3 | 2 | 210 | 1098 | 5216 |

CATV-Modem

Die Leistungsaufnahme der Breitband-Kabel-Modems im Normalbetrieb stützt sich auf die technischen Angaben eines Herstellers. Der Wert entspricht dem eines Telefon-Modems. Analog dazu wurde der Leistungsbedarf im Bereitschafts- sowie im Schein-Aus-Betrieb gewählt (vgl. Tabelle 4.2-8). Da das CATV-Modem lediglich eine andere Technologie nutzt, um einen breitbandigen Internetzugang zu ermöglichen, werden die gleichen Nutzungszeiten wie beim DSL-Modem angenommen.

Tabelle 4.2-8: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: CATV-Modem

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 12 | 5 | 3 | 389 | 568 | 5462 |
| 2005 | 12 | 5 | 3 | 243 | 849 | 5368 |
| 2010 | 12 | 4 | 2 | 210 | 1098 | 5217 |

Satelliten-Modem

Für das Satelliten-Modem wurden die gleichen Leistungswerte wie für die Satellitenempfänger gewählt. Wie bei den Satellitenempfängern muss auch hier eine an der Satellitenschüssel angebrachte LNB (Low noise blockdown converter) mit Strom versorgt werden. Daher werden dem Gerät zusätzlich 4 Watt im Normal- und Bereitschaftsbetrieb addiert (vgl. Tabelle 4.2-9). Die Nutzungszeiten im Normalbetrieb entsprechen denen anderer breitbandiger Internetzugänge. Die übrige Zeit befinden sich die Geräte, analog zu den Satellitenempfängern, im Bereitschaftsbetrieb.

Tabelle 4.2-9: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Satelliten-Modem

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 24 | 13 | - | 389 | 8371 | - |
| 2005 | 24 | 13 | - | 243 | 8517 | - |
| 2010 | 24 | 13 | - | 210 | 8550 | - |

PLC-Adapter, -Hauskoppler

Für die Nutzung der Powerline-Technologie, bei der Daten über die in fast alle Haushalte und Bürogebäude reichenden Stromleitungen gesendet werden, werden nach derzeitigem Stand der Technik zwei Geräte benötigt. Zunächst muss ein als PLC-Hauskoppler bezeichnetes Gerät im Gebäude aus dem Datenstrom, der über das lokale Stromverteilungsnetz läuft, die für das Gebäude bestimmten Daten herausfiltern und in die Hausleitung übergeben. Der Hauskoppler hat eine vergleichbare Leistungsaufnahme wie ein Antennenverstärker und ist ebenfalls im Dauerbetrieb eingesetzt (vgl. Tabelle 4.2-11). Computer können dann über einen PLC-Adapter die Daten an einer beliebigen Steckdose aus den gebäudeinternen Stromleitungen übernehmen und über ein Modem in den PC-BUS übergeben. Die Nutzungszeiten sind analog zu denen anderer Breitbandzugänge gewählt (Tabelle 4.2-10).

Tabelle 4.2-10: Leistungsaufnahme und Nutzungszeiten von PLC-Adaptern

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 4 | 0,5 | - | 389 | 8371 | - |
| 2005 | 4 | 0,5 | - | 243 | 8517 | - |
| 2010 | 4 | 0,5 | - | 210 | 8550 | - |

Tabelle 4.2-11: Leistungsaufnahme und Nutzungszeiten von PLC-Hauskopplern

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 4 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 4 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 4 | - | - | 8760 | - | - |

Router

Router arbeiten auf Schicht 3 der Netzwerke und verbinden verschiedene Subnetze mit gleichen Protokollen. Sie sind bei der üblicherweise verwendeten TCP/IP Protokoll-Kombination in der Lage, die IP Adressen zu interpretieren, die ein Gerät im Internet und auch in vielen Intranets/LANs eindeutig identifizieren. Ihre Aufgabe besteht im Wesentlichen darin, Datenpakete anhand der Empfängeradresse auf den richtigen Weg durch ein Netzwerk zu senden, der normalerweise nicht aus einer direkten Verbindung zum Empfänger besteht, sondern aus einer indirekten über mehrere Rechner, die als Zwischenstationen dienen. Dazu besitzen sie entweder statische Routing-Tabellen, in denen der jeweilige Pfad zur nächsten Zwischenstation vermerkt ist, oder sie unterstützen dynamisches Routing, bei dem die Versandwege über Lernalgorithmen verbessert werden. Die Router in Büros und privaten Haushalten weisen deutliche Unterschiede in ihrer Leistungsaufnahme auf. Während in den Haushalten kleine Netzwerke über ein solches Gerät realisiert werden, werden im Bürobereich hauptsächlich Großgeräte für einen Rack-Einbau eingesetzt. Dies zeigt sich auch in der gewählten Leistungsaufnahme (vgl. Tabelle 4.2-12).

Tabelle 4.2-12: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Router

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 12 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 12 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 12 | - | - | 8760 | - | - |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 40 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 40 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 40 | - | - | 8760 | - | - |

Hubs/Switches

Bei Hubs handelt es sich im Allgemeinen um einfache Geräte, die auf der untersten Schicht der Netzwerkstruktur arbeiten. Sie empfangen Daten an einem oder mehreren Anschlüssen und leiten sie an alle Anschlüsse weiter, ohne irgendwelche semantischen Informationen aus dem Datenstrom zu erkennen und zu verwenden. Hubs dienen dazu, eine sternförmige Netzstruktur aufzubauen. Die Zahl der Ein-/Ausgänge kann von weniger als zehn bis zu 1000 reichen. Bei kleinen Hubs handelt es sich in aller Regel um handliche Geräte in der Größe eines externen Modems, die über ein Steckernetzgerät mit Strom versorgt werden.

Größere Vermittlungsgeräte sind dagegen in Einbaurahmen integriert. Diese Geräte werden auch als Switches bezeichnet. Sie arbeiten z. T. auf höheren Protokollschichten (bis zu Schicht 3) und übergeben Datenpakete, die an einem Ein-/Ausgang ankommen, nur an den Ausgang, an den der gesuchte Empfänger angeschlossen ist. Dazu müssen sie einen Teil der semantischen Information des Protokolls interpretieren und verarbeiten. Switches könnte man damit als „intelligente Hubs“ bezeichnen. Gegenüber den Hubs haben Switches den Vorteil, dass die Leitungen nicht durch Datenpakete belastet werden, die nicht für einen am jeweiligen Strang befindlichen Empfänger bestimmt sind.

Bei der Ermittlung der Bestände an diesen Geräten konnte keine Trennung zwischen den beiden Gerätearten vorgenommen werden, da sie grundsätzlich eine sehr ähnliche, in vielen Fällen die gleiche Dienstleistung erbringen, Aus diesem Grund wird der Energiebedarf von Hubs und Switches nicht als spezifischer Bedarf pro Gerät ermittelt, sondern als spezifischer Bedarf pro Port (Ein/Ausgang). Roth et al. (2002) haben Leistungswerte von 1,13 bis 1,23 Watt pro Port bei Hubs ermittelt. Kleinere Switches (z. B. aus der Cisco 2950 Serie) weisen heute ebenfalls einen Leistungsbedarf in der Größenordnung von 1 bis 2 Watt auf. Bei großen Switches ist dieser Ansatz hingegen problematischer, da diese nicht mit einer festen Anzahl an Ports entwickelt werden, sondern ihre Leistung auf einen Datendurchsatz abgestimmt wird, der viele Ports mit „geringerer“ Datenrate wie ein herkömmliches Ethernet oder auf wenige Ports mit hoher Datenrate (z. B. 10-Gigabit-Ports) verteilt werden kann. Da der größte Bedarf an Weitervermittlung auf der untersten Ebene zum Nutzer hin auftritt, wurde die in die Bilanz eingehende Leistung auf 1,5 Watt pro Port angenommen (vgl. Tabelle 4.2-13). Der Bestand an Ports wurde jedoch höher angenommen als die angeschlossenen Computer, da üblicherweise Netzwerke auf Zuwachs ausgelegt werden und nicht alle Ports belegt sind. Für die Projektionen des Energiebedarfs wurde ein konstanter Energiebedarf pro Port angenommen. Zwar wird die Weiterentwicklung der IT-Technik mit großer Wahrscheinlichkeit auch zu einer höheren Energieeffizienz führen, aber die steigenden Ansprüche an die Datenrate in Netzwerken wird andererseits zu einem höheren Energiebedarf führen.

Tabelle 4.2-13: Gewählte Leistungsaufnahme (pro Port) und Nutzungszeit:
Hubs und Switches

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 1,5 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 1,5 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 1,5 | - | - | 8760 | - | - |

4.2.3 Telefonanlagen/Sonstiges

ISDN-Box

Bei der angegebenen Leistungsaufnahme der ISDN-Box für Haushalte ist das Netzabschlussgerät (2 Watt) und eine Telefonanlage zum Anschluss mehrerer analoger Telefone berücksichtigt (vgl. Tabelle 4.2-14). Für den Bürobereich werden diese Anlagen nicht gesondert betrachtet, sondern über die Nebenstellen-Anlagen bilanziert. Die Geräte sind dauerhaft in Betrieb.

Tabelle 4.2-14: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: ISDN-Box

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 5,8 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 5,8 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 5,8 | - | - | 8760 | - | - |

Nebenstellen-Anlage

Bei der angegebenen Leistungsaufnahme pro Nebenstellenanlagen-Teilnehmer in Büros ist die Leistungsaufnahme des Netzabschlussgerätes mit berücksichtigt. Die ausgewählten Leistungswerte stützen sich auf Angaben der Literatur (vgl. Tabelle 4.2-15). Die Nebenstellenanlagen weisen einen durchgängigen Betrieb auf.

Tabelle 4.2-15: Gewählte Leistungsaufnahme pro Teilnehmer und Nutzungszeit: Nebenstellenanlagen

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 2 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 2 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 2 | - | - | 8760 | - | - |

Türsprechanlagen

Die Leistungsaufnahme der Türsprechanlage stützt sich auf Literaturangaben (vgl. Tabelle 4.2-16). Die Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb setzt sich aus dem

Leelaufverlust des Klingeltrafos sowie diverser Ruhestrome einzelner Komponenten zusammen. Auch wird beispielsweise die Klingelbeleuchtung, soweit vorhanden, von diesem Trafo gespeist. Bei größeren Anlagen, wie sie im Bürobereich zu finden sind, muss von einer höheren Leistungsaufnahme in den beiden Betriebszuständen ausgegangen werden. Da die Anlagen nicht abgeschaltet werden, weisen sie keinen Schein-Aus-Betrieb auf.

Tabelle 4.2-16: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Türsprechanlagen

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| HH | | | | | | |
| 2001 | 10 | 4,5 | - | 4 | 8756 | - |
| 2005 | 10 | 4,5 | - | 4 | 8756 | - |
| 2010 | 10 | 4,5 | - | 4 | 8756 | |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 13 | 10 | - | 4 | 8756 | - |
| 2005 | 13 | 10 | - | 4 | 8756 | - |
| 2010 | 13 | 10 | - | 4 | 8756 | - |

4.2.4 Server

Mit dem Begriff Server wird eine Vielzahl von unterschiedlichen Geräten umfasst, die sehr unterschiedliche Dienste zur Verfügung stellen können. Grundsätzlich sind Server Computer die innerhalb eines Netzwerks Dienstleistungen bereitstellen, zu deren Abwicklung sie auf Anwendungen und Daten zurückgreifen, die sie im Gerät bereit halten. In dieser Studie werden unter dem Begriff Server aber auch Großrechner erfasst, die nur zur Bereitstellung von Rechenleistung dienen. Beispiele für unterschiedliche Server sind:

- Web-Server, die Internetauftritte aufnehmen und bereitstellen,
- File-Server, die Daten in einem Unternehmensnetzwerk speichern,
- Application-Server, die Anwendungen beherbergen, wie z. B. aufwändigere Datenbanken, die für die Abwicklung von E-Commerce notwendig sind,
- Mail-Server stellen eine weit verbreitete Art von Applications-Servern dar. Sie wickeln den E-Mail-Verkehr für ein Netzwerk ab und verwalten die Nachrichten in einer Datenbank.

Server umfassen eine deutlich größere Spanne was die Leistungsfähigkeit und den Energiebedarf angeht, als PCs. Die einfachsten Einzelgeräte sind kaum größer als

ein PC und weisen einen Energiebedarf auf, der in ähnlicher Größenordnung liegt. Solche Geräte liegen auch preislich nicht sehr weit entfernt von PCs. Am oberen Ende der Leistungsspanne von Servern stehen große Geräte, die beispielsweise zur Handelsabwicklung and Börsen, für Buchungssysteme von Fluggesellschaften oder in Banken Anwendung finden. Diese schrankfüllenden Geräte kosten ein Vielfaches der einfachsten Server und weisen einen deutlich höheren Energiebedarf auf.

Web-Hosting Anbieter verwenden auch einfache Geräte die in Standard-Einbauschränken (Racks) untergebracht werden. Solche Server sind in der Regel mit einem Prozessor und einer Festplatte ausgestattet und haben einen niedrigen spezifischen Energiebedarf. Die beschränkte Leistung dieser Server erfordert andererseits eine große Anzahl an solchen Geräten. Web-Hosting Unternehmen verfolgen weiterhin die Strategie, ihre Dienstleistung auf eine große Anzahl kleiner Geräte zu verteilen, da in dieser Konfiguration das Risiko eines Ausfalls von großen Teilen oder gar der gesamten Leistung deutlich geringer ist, als bei der Verwendung einer kleinen Anzahl groß dimensionierter Geräte.

Zur Abschätzung des durch Server bewirkten Energiebedarfs wurden drei Preisklassen gebildet. Die einfachen Geräte bis €24 999, mittelgroße Geräte bis €100 000 und die großen Server über €100 000. Die Masse der Geräte befinden sich dabei in der untersten Klasse. Zur Leistungsaufnahme dieser Geräten liegen einige Literaturangaben (z.B. Roth et al 2002) und Herstellerangaben (z. B. von Compaq) vor. Außerdem wurden auch eigene Messungen durchgeführt. Weitere Hinweise konnten in Experteninterviews mit Betreibern von Data-Centers bei Web-Hosting-Dienstleistern gewonnen werden. Der Vergleich von Server-Modellen aus nacheinanderfolgenden Baureihen zeigt z. B. bei Geräten von Compaq eine signifikante Zunahme des Energiebedarfs, der durch eine höhere Leistung der Geräte bewirkt wird (insbesondere eine Erhöhung der Taktfrequenz) (vgl. Tabelle 4.2-17 bis Tabelle 4.2-19).

Die Bewertung, inwieweit sich der spezifische Energiebedarf der Geräte verändert hat, lässt sich kaum sinnvoll durchführen, da die Nutzleistung eines Computers, auf die der Energiebedarf bezogen werden soll, kaum zu definieren ist. Computer sind extrem vielseitige Geräte, eben weil sie erst in Kombination mit einer Software zur Erbringung bestimmter Dienstleistungen eingerichtet werden – und auch jederzeit mit anderer Software wieder zu neuen Aufgaben befähigt werden können. In Abhängigkeit vom Zusammenspiel von Hardware und Software ergeben sich Leistungsmerkmale, die je nach Gerät und Anwendung sehr unterschiedlich sein können. Ein relativ gut bekanntes Beispiel hierfür ist die gute Leistung im Bereich Multimedia von Apple-Computern, die bei selbst geringeren Leistungsmerkmalen wie Prozessortakt oder Hauptspeichergröße effizienter arbeiten (die Aufgaben also schneller erfüllen) als auf Intel-Prozessoren und Windows-Betriebssystemen basierte Systeme.

Mittelfristig ist davon auszugehen, dass die Nutzleistung von Servern (beispielsweise gemessen in Datendurchsatzrate) weiterhin gesteigert werden wird und dass die Optimierung des Energiebedarfs dabei nur eine nachgeordnete Rolle spielen wird. Hauptkriterien bei IT-Infrastrukturgeräten sind die Primärleistung, die Kosten und die Sicherheit. Der Energiebedarf spielt für die Entwickler der Geräte insofern eine Rolle, dass die dissipierte Wärmeenergie sicher abgeführt werden muss und für die Anwender, dass die unterbrechungsfreie Stromversorgung ausreichend dimensioniert und die Klimatisierung entsprechend leistungsfähig sein muss. Unter diesen Voraussetzungen wird der spezifische Energiebedarf pro Gerät weiter ansteigen. In welche Richtung sich der Energiebedarf für die Geräteklasse Server bewegen wird, hängt davon ab, wie sehr die Leistungssteigerungen der Geräte mit der sich verändernden Nachfrage nach ihren Dienstleistungen zusammenhängen wird.

Mit der weiter zunehmenden Vernetzung von Computern in Unternehmen und in Haushalten wird der Bedarf an netzgebundenen Dienstleistungen weiterhin wachsen. In vielen Anwendungsbereichen sind noch deutliche Wachstumsraten zu erwarten. Der E-Commerce blieb zwar weit hinter den Erwartungen des Internet-Booms zurück, wird aber dennoch einen wachsenden Marktanteil erringen. Dabei könnte es durchaus sein, dass der E-Commerce im vom Handel zum Endkunden nicht so bedeutend wächst, wie im Bereich von Großhandel und Logistik. Bereits heute wird die Wertschöpfungskette von der Produktion zum Endverkaufsort bei großen Handelskonzernen über eine enggliedrige IT-Steuerung kontrolliert. Die mit Bar-Codes ausgezeichnete Ware wird permanent verfolgt. Kaufentscheidungen der Kunden werden durch die Steuerungssoftware sofort bewertet und gegebenenfalls lösen sie eine Nachbestellung im Lager, eine Beschleunigung des Transports von weiteren Lieferungen oder die Produktion neuer Stücke bei den Herstellern aus. Die Datenhaltung, Überwachung und Steuerung ist eine Aufgabe der Server des Handelskonzerns. Was in dieser Durchdringung erst bei großen Unternehmen realisiert ist, wird sich mit einiger Wahrscheinlichkeit auch im Mittelstand ausbreiten.

Auch die Ideen zur Vernetzung von Geräten und eventuell Gegenständen in Haushalten oder gar in allen Lebensbereichen implizieren eine wachsende Nachfrage nach Server-Dienstleistungen, da davon auszugehen ist, dass Geräte und Gegenstände kaum über eine eigene „Intelligenz“ verfügen werden, sondern lediglich mit Sensoren und Aktoren ausgestattet werden, um Informationen an eine oder mehrere zentrale Einheiten zu liefern und Anweisungen, die von dort kommen, auszuführen. Dies ist schon aus energetischen Gründen anzunehmen, da viele Geräte und Gegenstände nur selten oder gar nicht an das Stromnetz angeschlossen werden. Es ist beispielsweise nicht davon auszugehen, dass eine Milchflasche im Kühlschrank an eine Niederspannungsstromversorgung angeschlossen wird, damit diese ihr Haltbarkeitsdatum autonom dem Nutzer mitteilt. Vielmehr werden in solchen Fällen einfachste Chips untergebracht werden, die allein durch die Energie der Funkübertragung angeregt werden und die auf ihnen gespeicherten Informationen senden. Die Interpretation und Verwaltung der Daten und deren Umsetzung in bestimmte

Aktionen wird dann Computern überlassen sein, die heute als Server bezeichnet werden.

Tabelle 4.2-17: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Server < 25 k€

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 150 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 180 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 220 | - | - | 8760 | - | - |

Tabelle 4.2-18: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Server 25 k€100 k€

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 800 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 1000 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 1200 | - | - | 8760 | - | - |

Tabelle 4.2-19: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: Server > 100 k€

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 2500 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 3000 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 3500 | - | - | 8760 | - | - |

4.2.5 USV

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) wird hauptsächlich in Büros eingesetzt. 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 (vgl. Tabelle 4.2-20). Angaben hierzu finden sich in der Literatur. Huser (2001) geht von einer Energieeffizienz der USV von 90 % aus, während Roth et al. einen schlechteren Wirkungsgrad von 82,5 % schätzt. Unter Berücksichtigung beider Werte wurde für 2001 ein Wirkungsgrad von 0,88 gewählt, der sich bis 2010 auf 0,92 verbessert.

Die größten Verluste entstehen durch die Erhaltungsladung der Akkumulatoren und das Wechsel- bzw. Gleichrichten der Ströme. Sinniger Weise sind die USV-Anlagen in einem Dauerbetrieb.

Tabelle 4.2-20: Gewählter Wirkungsgrad und Nutzungszeit: USV

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | | Nutzungszeit [h/a] | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|------------|
| | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus | Normalbetrieb | Bereitschaft | Schein-Aus |
| Büros | | | | | | |
| 2001 | 0,88 | - | - | 8760 | - | - |
| 2005 | 0,9 | - | - | 8760 | - | - |
| 2010 | 0,92 | - | - | 8760 | - | - |

4.2.6 Vernetztes Haus

Von den eingesetzten Geräten her bedeutet das vernetzte Haus nicht unbedingt eine grundsätzliche Neuerung. So existieren bereits zentral gesteuerte Sicherheitssysteme mit Sensoren und Aktoren, Türsprechanlagen werden auch mit Kamera angeboten und Heizungsanlagen können auch an einem im Wohnbereich liegenden Kontrollterminal gesteuert werden. Vielmehr werden Geräte und bereits realisierte Kommunikationsstrukturen innerhalb von Gebäuden verbunden.

Gateway

Zu bisher bereits üblichen Geräten wird ein zentraler Gateway hinzukommen, welcher die Außenverbindungen herstellt. Dieser Gateway ist für breitbandige Anwendungen ausgelegt und benötigt eine elektrische Leistung von 15 bis 25 W. Der Gateway wird in der Lage sein, verschiedene Protokolle unterschiedlicher Bussysteme zu verarbeiten, da auch in Zukunft mehrere parallele Netze im Haus existieren werden (vgl. Kap. 3.2). Damit wird die Anbindung aller vernetzten Geräte an die Außenwelt möglich sein. Die elektrische Leistungsaufnahme solcher Gateways kann von Gerät zu Gerät stark unterschiedlich sein. Beispielsweise hat ein schmalbandiger Gateway zwischen einem EIB-System und dem Internet eine elektrische Leistungsaufnahme von 3 W. Ein Gateway im Multimediabereich kann aber ohne weiteres eine Leistungsaufnahme von 30 bis 50 W aufweisen, was einen Unterschied um den Faktor 10 bedeutet. Gründe für den Unterschied können sein:

- technische Umsetzung: modifizierter Personal Computer (z. B. mit Flash-RAM statt einer Harddisk) mit einer elektrischen Leistungsaufnahme von 30–50 W oder ein speziell entwickelter „embedded computer“ mit einer elektrischen Leistung von wenigen Watt,

- benötigte Rechenleistung,
- benötigte Bandbreite,
- Vorhandensein eines Power-Managements,
- Art der Stromversorgung.

Die Vernetzung nach außen wird in naher Zukunft wahrscheinlich über einen speziellen Gateway hergestellt werden, längerfristig aber kann davon ausgegangen werden, dass sie über einen bereits für Multimedia-Dienste benutzten Gateway (z.B. Set-top-Box) erfolgen wird.

Multimedia-Dienste

Multimedia-Dienste werden mit großer Wahrscheinlichkeit auch in Zukunft über die bisher verwendeten Geräte oder Kombinationen daraus zur Verfügung gestellt werden. Dies sind im Wesentlichen Fernseher und assoziierte Geräte sowie PCs und Peripheriegeräte. Da diese Dienste und Geräte auch ohne die integrierte Vernetzung von Gebäuden eingesetzt werden und bereits heute eine große Verbreitung finden, wird der Energiebedarf für Multimedia-Geräte nicht unter der Hausvernetzung bilanziert.

Haustechnik (Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Sicherheitstechnik)

Die elektrische Leistung wird entscheidend von der Stromversorgung der Komponenten des Signalübertragungssystems bestimmt. Vor allem die Art und Anzahl der Umwandlungen vom Spannungsniveau 230 Volt auf die elektronische Kleinspannung beeinflusst die elektrische Leistung. Die Stromversorgung der Busgeräte wird bei der EIB⁶⁴-Technologie (drahtgebundene Form) über zentrale Spannungsversorgungsgeräte mit einer Ausgangsspannung von 20 bis 30 Volt (Gleichstrom) sichergestellt. Diese Kleinspannung wird mit dem Bus zu den angeschlossenen Geräten übertragen. Dies ist eine sehr effiziente Lösung, da die Spannungstransformation nur wenige Male durchgeführt werden muss. Die elektrischen Leistungen der Komponenten von EIB-Bussystemen im Haushalt liegen in den folgenden Bereichen:

- Sensoren, Aktoren: unter 0,4 W (das Umweltzeichen „Blauer Engel“ schreibt für busgesteuerte Geräte der Gebäudesystemtechnik RAL-ZU 94 eine maximale elektrische Leistungsaufnahme von 300 mW vor),
- Intelligente Steuergeräte: ca. 2 W.

⁶⁴ EIB: European Installation Bus

Die elektrische Leistung des Gesamtsystems ist abhängig von der Anzahl der Busgeräte und deren individuellen Leistungsaufnahme. Rechnet man bei drahtgebundener Übertragung mit einer durchschnittlichen Leistung pro Busgerät von 0,15 W und 160 Busgeräten⁶⁵ in einem typischen Haushalt in einem Einfamilienhaus, so ergibt dies eine elektrische Gesamtleistung von 24 W pro Haushalt. Messungen in Häusern mit einem EIB-Installationsbus zeigen auch tatsächlich eine elektrische Leistung von etwa 20 bis 30 W für alle Bussystemgeräte (Aebischer/Huser 2000). Bei der Informationsübertragung über Funk werden die Sender vielfach durch eine Batterie gespeist. Bei Aktoren /Sensoren, welche über den EIB-PLC-Standard kommunizieren, liegt der elektrische Leistungsbezug beim Senden bei ungefähr 1 W und im Bereitschaftszustand bei etwa 0,4 W (mündliche Aussage von Hersteller Busch-Jaeger). Damit ist der elektrische Leistungsbezug höher als im Fall der Busleitungsübertragung (0,15 W). Im Modellfall mit 160 Busgeräten ergibt sich bei 0,4 W pro Gerät eine elektrische Gesamtleistung von 64 W. Diese ist etwa doppelt so hoch wie bei Verwendung einer Busleitung.

Für ein zentrales Visualisierungs- und Steuerungsgerät (oder auch Benutzerinterface) wird mit einer zusätzlichen elektrischen Leistung von 25 W gerechnet. Für die Zukunft kann erwartet werden, dass die Visualisierung und Steuerung mit einem mobilem Gerät erfolgt, welche auch für die Multimediadienste dient. Für das Benutzerinterface mit Controller wird im Jahr 2010 von einer Betriebszeit von 8 Stunden täglich ausgegangen. Über diesen Controller wird auch das Netz mit der notwendigen Betriebsenergie versorgt.

Es wird angenommen, dass die Geräte der Sicherheitstechnik (Überwachungskamera, Bewegungsmelder, automatisches Türschloss, Rauchmelder, Bedienterminal/Monitor) und der Heizungsanlage schon heute mit Kommunikationsmöglichkeiten versehen sind bzw. für ihre primäre Funktion bereits mit einer Stromversorgung ausgestattet sind und der elektrische Leistungsbedarf durch die Vernetzung in Zukunft nicht wesentlich erhöht wird.

Weißer Ware

Die Überlegungen gehen von einem Haushalt mit allen üblichen Geräten zum Kochen (Herd, Backofen, Mikrowellengerät), Frischhalten (Kühlschrank, Gefriergerät) und Waschen/Trocknen (Waschmaschine, Trockner, Geschirrspüler) aus.

⁶⁵ Beleuchtung: 82, Einbruchsicherung: 15, Schließanlage: 10, Gegensprechanlage: 4, Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung: 22, Beschattung: 24, Garagentor: 3. In Mehrfamilienhäusern wird eine geringere Anzahl an Sensoren angenommen: Beleuchtung: 65, Einbruchsicherung :6, Schließanlage 4, Gegensprechanlage: 2, Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung: 15, Beschattung: 18. In der Summe 110 Sensoren und eine Leistung von 16,5 Watt.

Die Haushaltsgroßgeräte (oder Weiße Ware) werden mit Kommunikationsmodulen erweitert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Leistung dieser Module konstant 3 W beträgt. Wenn die vernetzten Haushaltsgroßgeräte keine Hauptdienstleistung erbringen, wird das Netzteil nur durch die kleine Leistung (im Vergleich zur Gesamtleistung des Haushaltgerätes) des Kommunikationsmoduls belastet. Der Wirkungsgrad von Netzteilen sinkt aber bei einer Belastung unter 30 % der Auslegungsleistung stark ab. Daher wird mit einem Wirkungsgrad von 40 % gerechnet und die Verluste des Netztesiles dem Kommunikationsmodul zugewiesen, was in diesem Fall zu einer Leistung des Kommunikationsmoduls von 7 W führt. Anders wären die Verhältnisse, falls die Netzteile in Zukunft einen speziell ausgelegten Ausgang für die Speisung des Kommunikationsmoduls haben (ähnlich dem 5V-Stand-by-Ausgang bei PC-Netzteilen), welcher lastangepasst einen hohen Wirkungsgrad aufweist.

Der Energiebedarf des Kommunikationsmoduls selber hängt in der Zukunft von mehreren Faktoren ab:

- Funktionsumfang des Kommunikationsmoduls: nur Kommunikation oder auch umfangreiche Intelligenz beim Gerät selber in Richtung „embedded PC“,
- Vorhandensein und Art des Powermanagements,
- Art und Umfang der Integration in wenige Chips,
- Art der Stromversorgung: Wahl der Spannungsebenen usw.

Für die Bilanzierung der vernetzten Gebäude wird davon ausgegangen, dass sechs Haushaltsgroßgeräte vernetzt werden: 2 Geräte für das Kochen, 2 weitere für das Frischhalten sowie 2 Geräte für die Funktionen Waschen, Trocknen oder Spülen. Daraus ergibt sich ein Mehrverbrauch für die Vernetzung von rund 35 Watt. Der Mehrverbrauch ist nicht genauer zu beziffern, da je nach Betriebszustand der Geräte der Verlust der Stromversorgung der Vernetzung zugeschlagen werden muss oder aber den Geräten selbst angerechnet wird, wenn sich diese im Normalbetrieb befinden.

Die Vernetzung der Haushaltsgroßgeräte wird möglicherweise auch indirekte Effekte zeigen, die zu einem längeren Betrieb führen werden. wie z. B. für das Vorwärmen von Fertiggerichten. Diese Effekte lassen sich derzeit nicht abschätzen, da noch zu wenig Erfahrungen vorliegen.

Energiebedarf für die Vernetzung in Haushalten

Der spezifische Energiemehrbedarf und die Betriebszeiten der Komponenten für die Hausvernetzung ist in Tabelle 4.2-21 dargestellt.

Tabelle 4.2-21: Leistungsaufnahme für die Hausvernetzung

| Geräteart | Betriebszustand | Leistungs- aufnahme | | Nutzungs- zeit, h/a |
|------------------------------------|----------------------|------------------------|--------|------------------------|
| | | | | |
| Benutzerinterface u. Controller | Normalbetrieb | 25 W | 25 W | 2920 |
| | Bereitschaftsbetrieb | 12 W | 12 W | 5840 |
| Sensoren u. Aktoren, kabelgestützt | Normalbetrieb | 24 W | 16,5 W | 8760 |
| Sensoren u. Aktoren, funkgestützt | Normalbetrieb | 64 W | 44 W | 8760 |
| Netztechnik Weiße Ware | Normalbetrieb | 35 W | 35 W | 8760 |
| Durchschnitt Haus, kabelvernetzt | - | 75 W | 68 W | |
| Durchschnitt Haus, funkvernetzt | - | 115 W | 95 W | |

4.3 Infrastruktur der Telekommunikations-Unternehmen

Die Analyse des Energiebedarfs der Telekommunikations-Infrastruktur erfolgte grundsätzlich nach dem gleichen methodischen Vorgehen wie die der übrigen Verbrauchsbereiche. Da die Datenverfügbarkeit jedoch vergleichsweise schlecht ist und eigene Messungen hier ebenfalls nicht in Frage kommen, wurden speziell für diesen Bereich fragebogengestützte Expertengespräche zur Datenermittlung durchgeführt. Eine Unterscheidung der Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen ist für diesen Bereich nicht erforderlich, da die Anlagen dauerhaft in Betrieb sind. Die ausführlichen Ergebnisse des Berechnungsmodells für die Telekommunikations-Infrastruktur enthält Anhang A2.3, eine Übersicht über die verwendeten Datengrundlagen Anhang A.3.3.

4.3.1 Festnetzanbieter

Um den Energiebedarf der Vermittlungs- und Übertragungstechnik der Festnetzbetreiber zu ermitteln, wurde die spezifische Leistungsaufnahme der Telefonkanäle und die spezifische Leistungsaufnahme der DSL-Anschlüsse ermittelt und mit den Beständen multipliziert.

Energiebedarf der Vermittlungs- und Übertragungstechnik (ohne DSL-Modems)

Die Deutsche Telekom AG (DTAG 2001) gibt in ihrem Nachhaltigkeitsbericht 2000/2001 den elektrischen Leistungsbezug ihres Unternehmens für die Jahre 1997 bis 2000 an. Der Wert für 2001 wurde bei der Zentralstelle für Umweltschutz der DTAG erfragt. Dabei entfallen laut Bericht 47 % der elektrischen Energie auf die elektrischen Anlagen der Vermittlungs- und Übertragungstechnik. Der angegebene

Energiebedarf der Fernmeldenetz-Infrastruktur wird auf die Angaben der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) zur Anzahl der Telefonkanäle bezogen (vgl. Tabelle 4.3-1). Die Zahl der Telefonkanäle beinhaltet auch die Anschlüsse von anderen Netzbetreibern, diese können aber auf Grund der relativ geringen Anzahl vernachlässigt werden⁶⁶. Die Entwicklung seit dem Jahr 1997 zeigt eine sinkende spezifische Leistungsaufnahme der Kanäle auf 2,44 Watt pro Kanal im Jahr 2001. Für die Jahre 2000 und 2001 wurde aus den Angaben der DTAG zu ihrem Strombedarf der Vermittlungs- und Übertragungstechnik der Strombedarf der DSL-Anschlüsse abgezogen, um für die Berechnung der spezifischen Leistung der Telefonkanäle den Energiebedarf der reinen Telefoninfrastruktur inklusive Übertragungstechnik zu erhalten. Hierbei kann auch die Zahl der DSL-Anschlüsse der Wettbewerber vernachlässigt werden kann⁶⁷.

Tabelle 4.3-1: Entwicklung der spezifischen Leistungsaufnahme pro Telefonkanal seit 1997

| Jahr | Spezifische Leistung pro Kanal [W] | Energiebedarf Telefon-Infrastruktur [GWh] | Anzahl der Telefonkanäle [Mio.] |
|------|------------------------------------|---|---------------------------------|
| 1997 | 3,04 | 1203 | 45,2 |
| 1998 | 3,09 | 1260 | 46,5 |
| 1999 | 2,68 | 1133 | 48,2 |
| 2000 | 2,50 | 1098 | 50,1 |
| 2001 | 2,44 | 1075 | 50,3 |

Quelle: Deutsche Telekom AG, 2001; Reg TP1999ff a, b, 2001c; eigene Berechnungen

Ein Fachmann der DTAG aus dem Bereich Netztechnik konnte diese Entwicklung betätigen. In den Teilnehmervermittlungsstellen steht eine große Anzahl von Gestellrahmen, die eine Leistungsaufnahme von ca. 1000 Watt aufweisen. Während man noch vor Jahren 256 Kanäle in einem Gestellrahmen untergebracht hat, können heute ca. 1000 Telefon-Kanäle in einen Rahmen gepackt werden. Eine maximale Packungsdichte in den Gestellrahmen ist nach Aussage des Experten erreicht und damit ist in diesem Bereich kein wesentliches Sinken der spezifischen Leistungsaufnahme mehr zu erwarten (vgl. Tabelle 4.3-2).

Roth et al. 2001 haben ebenfalls eine spezifische Leistungsaufnahme von knapp einem Watt pro Telefonkanal auf der Teilnehmeranschlusseite ermittelt. Für das

⁶⁶ Im Jahr 1999 hatten die Wettbewerber einen Marktanteil an den Telefonkanälen von 0,8% und im Jahr 2000 von 1,5 % (Reg TP, 2001c).

⁶⁷ Ende September 2000 hatten die Wettbewerber einen Marktanteil an DSL-Anschlüssen von 3% (Reg TP, 2001c).

Vermittlungsnetz, wurden 1,8 Watt pro Kanal errechnet. Addiert man diese beiden Werte um eine vergleichbare Größe für die gesamte Infrastruktur zu erhalten, so errechnen sich 2,8 Watt pro Telefonkanal für das Jahr 2000. Zwar lassen sich die von Roth et al. ermittelten Werte wegen der unterschiedlichen Netz-Topologie und Netz-Hardware in den USA nicht ohne weiteres auf das deutsche Fernmeldenetz übertragen, jedoch geben sie eine Größenordnung an.

Energiebedarf der DSL-Modems

Um DSL-Anschlüsse zur Verfügung zu stellen müssen in den Teilnehmervermittlungsstellen zusätzliche Modems installiert werden. Fachleute aus der Zentralstelle für Umweltschutz der DTAG gaben eine zusätzliche spezifische Leistungsaufnahme von 2 Watt pro DSL-Anschluss im Jahr 2002 an. Dieser Wert deckt sich in mit den Angaben eines Fachmanns aus dem Bereich der Netztechnik. Dieser gab an, dass bis vor kurzem etwa 240 DSL-Anschlüsse in einen Gestellrahmen gepackt wurden. Bei einer Leistungsaufnahme von ca. 650 Watt pro Rahmen entspricht dies einer spezifischen Leistungsaufnahme von 2,7 Watt pro DSL-Anschluss. Für die nahe Zukunft prognostiziert er eine höhere Packungsdichte und somit einen sinkenden spezifischen Leistungsbedarf. Für 2001 wurde eine spezifische Leistungsaufnahme von 2,4 Watt pro Anschluss gewählt, bei sinkender Tendenz für die Folgejahre (vgl. Tabelle 4.3-2).

Tabelle 4.3-2: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit:
Festnetz-Infrastruktur

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | Nutzungszeit [h/a] | |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|
| | Leistung pro Telefonkanal | Leistung pro DSL-Anschluss | Telefonkanal | DSL-Anschluss |
| TK- Infra | | | | |
| 2001 | 2,44 | 2,4 | 8760 | 8760 |
| 2005 | 2,44 | 1,8 | 8760 | 8760 |
| 2010 | 2,44 | 1,7 | 8760 | 8760 |

4.3.2 Mobilfunkanbieter

Die gewählten Leistungsaufnahmen der Basisstationen und der Vermittlungstechnik stützen sich auf mehrere Informationsquellen: Herstellerangaben und Angaben der Netzbetreiber zu den Stromrechnungen, Anschlussleistungen beim Energieversorger und Abschätzungen von Fachleuten.

Herstellerangaben

Aus den Datenblättern der Systemkomponenten der Infrastrukturausrüster lassen sich die maximalen Leistungswerte der Anlagen ablesen. Da es sich bei diesen Angaben aber um größtmögliche Leistungsaufnahmen handelt, können diese Größen nur als maximale Obergrenze für die in der Praxis benötigte Leistung verwendet werden. In Tabelle 4.3-3 sind am Beispiel des Ausrüsters Siemens technische Daten zur maximalen Leistungsaufnahme von Basisstationen aufgeführt. Darunter auch 2 Anlagen der dritten Mobilfunkgeneration (3G).

Tabelle 4.3-3: Maximale Leistungsaufnahme von Basisstationen des Mobilfunkausrüsters Siemens

| | BS-240XL Indoor | BS-241 Outdoor | BS-82 Microzelle | NB-531 NodeB (3G) | NB-640G NodeB (3G) |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Max. Power [W] | 2800 | 1800 | 450 | 4500 | 7300 |

Quelle: Siemens

Zu diesen Angaben ist anzumerken, dass hier zwar die benötigte Leistung für die Lüftung der Anlagen enthalten ist, aber z. T. noch weitere Energie für die Klimatisierung der Betriebsräume aufgewendet werden muss. Außerdem stehen an einer Funkstation gleich mehrere dieser Komponenten. Die Anzahl hängt beispielsweise von der Zahl der eingerichteten Funkfeldsektoren und von der zu bewältigenden Verkehrslast ab. Damit ist auch noch keine Aussage über den Strombedarf der Vermittlungstechnik getroffen, da auch hier nicht bekannt ist, wie viele einzelne Geräte pro Standort eingesetzt sind. Das sind zusätzliche Unsicherheiten, die nur eine Abschätzung zu der maximalen Obergrenze des Leistungsbedarfs solcher Anlagen zulassen.

Angaben der Netzbetreiber

Alle interviewten Fachleute waren sich einig, dass der im Betrieb auftretende Strombedarf nicht mit dem vom Hersteller angegeben maximalen Wert übereinstimmt. Einer der Netzbetreiber ermöglichte einen Einblick in die Stromrechnungen seiner Basisstationen und in die Rechnungen der Standorte, an denen Vermittlungstechnik untergebracht ist. Hierauf stützen sich zum großen Teil die getroffenen Annahmen. Es wurden mehrere Rechnungen eingesehen, so dass ein Wert der Leistungsaufnahme einer durchschnittlichen Basisstation für 2001 gewählt werden konnte. Für die Standorte der Vermittlungstechnik konnten ebenfalls mehrere Stromrechnungen eingesehen werden und ein durchschnittlicher Wert für 2001 ermittelt werden (Tabelle 4.3-4). Damit sind die eigentlichen technischen Anlagen

zum Betrieb eines Mobilfunknetzes inklusive der Klimatisierung der Betriebsräume erfasst.

Anschluss beim Energieversorgungsunternehmen

Um eine weitere Obergrenze der Leistungsaufnahme festlegen zu können, wurde im Interview nach der beantragten Leistung beim Energieversorgungsunternehmen (EVU) gefragt. Die Angaben für die Mobilfunkbasisstationen liegen zwischen 15 und 25 kW. Dabei ist zu beachten, dass in dieser Bandbreite auch Stationen für UMTS- und GSM-Netztechnik enthalten sind. Der gemittelte Wert für GSM-Anlagen liegt bei 16 kW. Für die Anschlussleistungen der Vermittlungstechnikstandorte konnte kein eindeutiger Wert ermittelt werden. Als Beispiel sei jedoch ein Standort genannt, der seinen Strombedarf mittels eines 450-kVA-Trafos deckt. An dieser Stelle ergab sich außerdem, dass die Basisstationen die elektrische Leistung weitestgehend konstant nachfragen. Dies hatte eine detaillierte Untersuchung des Lastgangs der Netzinfrastrukturkomponenten eines Netzbetreibers ergeben, die durchgeführt worden war, um eine stärkere Verhandlungsposition gegenüber dem Stromlieferanten einnehmen zu können.

Abschätzungen der Fachleute

Ein Fachmann aus der Abteilung Netzplanung gab den maximalen Strombedarf „seiner“ Basisstationen mit 6 kW an. Der durchschnittliche Wert wurde auf 1,2 kW beziffert, wobei nochmals 50 % für die Klimatisierung dazugerechnet werden müssen. Dies ergibt einen Durchschnittswert von 1,8 kW. Ein ähnlicher Wert wurde von einem Vertreter eines anderen Netzbetreibers genannt. Er schätzte den Durchschnittsbedarf auf 2 kW, inklusive Klimatisierung. Beide gaben an, dass der Strombedarf der UMTS-Anlagen deutlich höher ist. Als grober Richtwert wurde ein Faktor zwei beim Energiebedarf genannt.

Durchschnittliche Leistungsaufnahmen

Aus den jeweiligen Informationen, die sich aus den Befragungen und Gesprächen mit den Branchenexperten ergeben haben lässt sich eine durchschnittliche Leistungsaufnahme der GSM-Netzkomponenten für 2001 angeben; der Wert liegt bei knapp 2 kW (Tabelle 4.3-4).

Die Firma Siemens hat mit einer neuen Baureihe von Basisstationen eine Stromeinsparung von ca. 30 % gegenüber der vorherigen Reihe angegeben. Als konservative Schätzung für die weitere Entwicklung des spezifischen Strombedarfs wird eine weitere Verminderung um 10 % angenommen. Dies stellt die erwartete autonome Entwicklung ohne besondere Bemühungen um Energieeffizienz dar. Mit den Angaben aus den Interviews, dass eine Basisstation im Durchschnitt 8 Jahre in Betrieb

bleibt bevor sie ausgetauscht wird, und den Zahlen der jährlich neu installierten Anlagen, lässt sich der Durchschnittswert der einzelnen Jahre berechnen (Tabelle 4.3-4).

Tabelle 4.3-4: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: GSM-Infrastruktur

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | Nutzungszeit [h/a] | |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| | GSM-Basisstationen | GSM-Standorte- Vermittlungstechnik | GSM-Basisstationen | GSM-Standorte- Vermittlungstechnik |
| TK- Infra | | | | |
| 2001 | 1880 | 146 000 | 8760 | 8760 |
| 2005 | 1780 | 140 000 | 8760 | 8760 |
| 2010 | 1690 | 134000 | 8760 | 8760 |

Für die UMTS-Netzkomponenten muss ein deutlich höherer Strombedarf angenommen werden. Aus den Verhältnissen der Herstellerangaben zum Maximalbedarf zwischen GSM- und UMTS-Station ergibt sich eine 2,5 mal höherer Leistungsaufnahme. Unter Berücksichtigung der Expertenangabe (Faktor 2) wird ein 2,25 mal so hoher Strombedarf wie der, der GSM-Anlagen angenommen. Dabei wird für die weitere Entwicklung des spezifischen Strombedarfs eine Verminderung, ähnlich der Entwicklung bei der GSM-Technik, um 30 % erwartet (Tabelle 4.3-5).

Tabelle 4.3-5: Gewählte Leistungsaufnahme und Nutzungszeit: UMTS-Infrastruktur

| Sektor/ Jahr | Leistungsaufnahme [W] | | Nutzungszeit [h/a] | |
|----------------------|-----------------------|--|-------------------------|--|
| | UMTS-Basisstationen | UMTS-Standorte- Vermittlungstechnik | UMTS- Basisstationen | UMTS-Standorte- Vermittlungstechnik |
| TK- Infra | | | | |
| 2001 | - | - | - | - |
| 2005 | 3810 | 300 000 | 8760 | 8760 |
| 2010 | 3400 | 260 000 | 8760 | 8760 |

Spezifische Betriebszeiten der Infrastrukturkomponenten

Das Mobilfunknetz wird rund um die Uhr zur Verfügung gestellt, was einen dauerhaften Betrieb aller Netzkomponenten zur Folge hat. Es werden in der verkehrsrarmen Zeit (z.B. in den Nachtstunden oder am Wochenende) keine Systemkomponenten abgeschaltet, wie die durchgeführten Interviews ergeben haben (Tabelle 4.3-4 und Tabelle 4.3-5).

4.4 Data Centres

4.4.1 Energiebedarf heute

Für eine Abschätzung des Energiebedarfs der Data Centres gibt es zwei prinzipielle Schwierigkeiten:

1. Abgrenzungsprobleme: 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. (siehe Kapitel 2.5), oder es werden nur die Server-Farmen berücksichtigt, die als Data Centres im engeren Sinne bezeichnet werden und für welche in den letzten Jahren – zumindest lokal – dramatische Wachstumsraten angekündigt und prognostiziert wurden.
2. Methodische Fragen zur Abschätzung des Energiebedarfs. Dafür gibt es zwei Ansätze.
 - Entweder wird von den Geschossflächen der Data Centres ausgegangen und für die Fläche ein spezifischer Strombedarf (in W/m^2) ermittelt. Aus der elektrischen Leistung pro Flächeneinheit und den Nutzungszeiten wird der Strombedarf als Energiemenge (in kWh/m^2) berechnet. Bei dieser Berechnungsmethode wird i. A. die Energie für den Betrieb der Infrastruktur, insbesondere für die unterbrechungsfreie Stromversorgung und die Wärmeabfuhr, mit einbezogen.
 - Alternativ wird die Anzahl der IuK-Geräte, die in Data Centres eingesetzt werden, als Basis verwendet. Durch die Bestimmung des erwarteten jährlichen Strombedarf der einzelnen Gerätetypen kann der Energiebedarf berechnet werden. Das Hauptproblem bei diesem Ansatz ist die Frage, welche Geräte (z. B. gemessen als Anteil der IuK-Geräte insgesamt) in den Data Centres eingesetzt werden (siehe dazu insbesondere die Diskussion „Outsourcing“ in Kapitel 3.4). Berücksichtigt werden muss hier zusätzlich die Energie, die für den Betrieb der Infrastruktur (Stromversorgung, Wärmeabfuhr) benötigt wird.

Angesichts der schlechten Datenlage zu Data-Centres in Deutschland wird angelehnt an die Vorgehensweise in Kap. 3.4 vom flächenbezogenen Ansatz ausgegangen. Dazu werden die Ergebnisse verschiedener Studien miteinander verglichen, um daraus eine Schätzung für den Strombedarf von Data Centres in Deutschland zu entwickeln.

Zum Energiebedarf in Data Centres im weiteren Sinn gibt es verschiedene Studien, die alle von der Anzahl der Geräte ausgehen (vgl. Tabelle 4.4-1).

Tabelle 4.4-1: Literaturdaten zum Strombedarf von Netzwerkcomputern und Netzwerken

| Quelle | Jahr | Land | Erfasste Systeme | Energiebedarf GWh/a | Anteil am Gesamtstrombedarf |
|------------------------------|------|------|--|---------------------|-----------------------------|
| Spreng/ Aebischer 1990 | 1988 | CH | Großcomputer | 600 | 2,2 % |
| | | | Mittlere-, kleine u. Kleinstsysteme (keine PCs) | 400 | |
| Aebischer et al. 2002c | 1999 | CH | Mainframe-Computer | 186 | 0,8 % |
| | | | Minicomputer u. Server | 178 | |
| | | | Netzwerke | 68 | |
| Huser 2002 | 1999 | CH | Low-end Server in Kleinen und Mittleren Unternehmen | 105 | 0,3 % |
| | | | Low-end Server insgesamt | 144 | |
| Roth et al. 2002 | 2000 | USA | Server, Mainframe-Computer, Großrechner | 11 600 | 0,3 % |
| Thomas/ Barthel 2001 | 2000 | D | Informationsbereitstellung im Internet | 1 900 | 0,7 % |
| | | | Betrieb von Netzwerken (Internet, LAN, WAN, Telefon) | 1 800 | |

Alle diese Studien beinhalten nur den Strombedarf der Geräte selbst und nicht die zum Betrieb benötigte Infrastruktur. Abschätzungen für die USV-Anlagen finden sich bei Roth (2002). Für die Wärmeabfuhr kann mit einem zusätzlichen Bedarf von bis zu 50 % gerechnet werden.

In der Literatur wurde z. B. in Mitchell-Jackson (2001), Beck, (2001) und Hartkamp (2002) der Ansatz verwendet, über Geschossflächen den Strombedarf von Data Centres im engeren Sinn zu berechnen. Es ist jedoch anzumerken, dass Hartkamp (2002) auch den Energiebedarf der Netztechnik von Telekommunikationsunternehmen mit einbezogen hat (Tabelle 4.4-2).

Tabelle 4.4-2: Literaturwerte für den flächenbezogenen und den absoluten Energiebedarf von Data Centres

| Quelle | Land | Jahr | Bezugsfläche Tsd. m ² | spezifischer Energiebedarf | absoluter Energiebedarf, TWh | Anteil am Gesamtstrombedarf |
|-----------------------|------|------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Mitchell-Jackson 2001 | USA | 2000 | 880 | 4700 kWh/m ² | 4 | 0,12 % |
| Beck 2001 | USA | 2000 | 880 | 3300 kWh/m ² | 2,9 | 0,09 % |
| Hartkamp 2002 | NL | 2000 | 180 | 67 MW ⁶⁸ | 0,6 | 0,6 % |

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Studien⁶⁹ zusammen und gibt das Verhältnis zum Gesamtstrombedarf sowie den spezifischen Bedarf der Data Centres bezogen auf die Einwohnerzahl wieder. Mit Ausnahme der frühen Studie von Spreng/Aebischer (1990) für die Schweiz, wo die damalige Dichte der Grosscomputer infolge der außerordentlichen Stellung des Banken- und Versicherungssektors wahrscheinlich sehr untypisch war, liegen alle Schätzungen unterhalb von 1 % des Gesamtstrombedarfs.

Der Geräteansatz für den Strombedarf der Data Centres im weiteren Sinn ergibt einen typischen Wert von 0,5 %. Wird die zum Betrieb notwendige Infrastruktur hinzugezählt, dürfte 1 % des Gesamtstrombedarfs eine gute Größenordnung sein. Auf die Anzahl der Einwohner bezogen, liegen die Werte – ohne Infrastruktur – zwischen 50 und 150 kWh pro Einwohner und Jahr. Wird die Infrastruktur dazurechnet, dürfte die Bandbreite 100-200 kWh pro Einwohner und Jahr die heutige Situation beinhalten.

Der Ansatz über die Geschossflächen der Data Centres im engeren Sinn (inklusive Infrastruktur) ergibt Werte zwischen 15 und 50 kWh/Einwohner. Interpretiert man diese Zahlen „hart“, würden zwischen 10 und 25% der IuK-Geräte (ohne PCs und ohne Bürogeräte) in Data Centres im engeren Sinn betrieben werden.

⁶⁸ Der Wert entspricht rund 3300 kWh/m²

⁶⁹ Mehrere der erwähnten Studien sind nicht unabhängig voneinander, z.B. Kawamoto, und Thomas/Barthel oder Mitchell-Jackson und Beck.

Tabelle 4.4-3: Elektrizitätsbedarf von Data Centres in Prozent des Landesbedarfs und in kWh/Einwohner

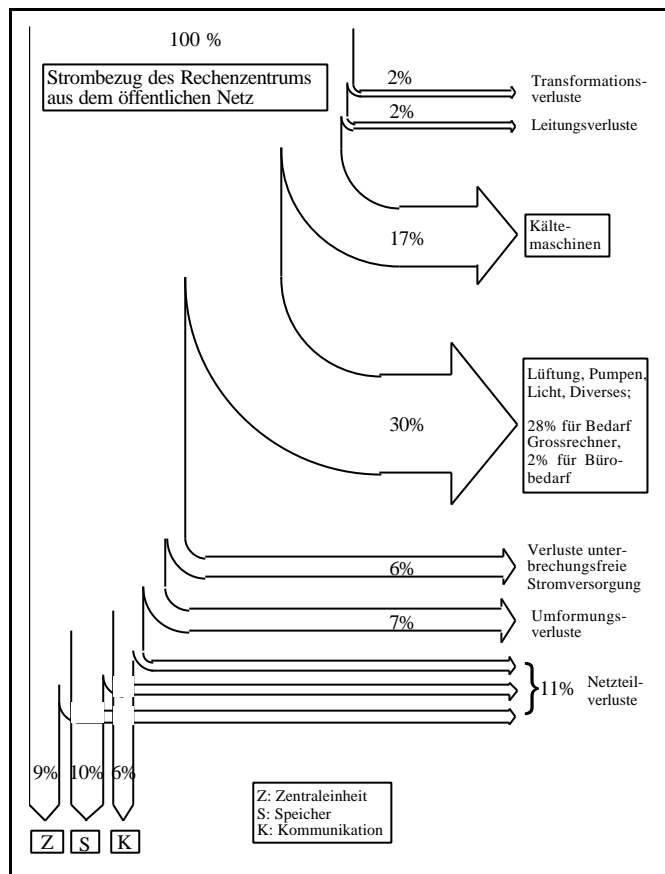
| Land | Jahr | Anteil am Gesamtstrombedarf in Prozent | Strombedarf bez. auf die Bevölkerung kWh/cap | Methodischer Ansatz | Quelle |
|------|-------|--|--|--|------------------------|
| CH | 1988 | 2,20 | 143 | Geräte | Spreng/Aebischer 1993 |
| CH | 1999 | 0,80 | 57 | Geräte, Computernetzwerke | Aebischer et al. 2002d |
| USA | 2000 | 0,30 | 58 | Geräte | Roth et al. 2002 |
| USA | 2000 | 0,60 | 123 | Geräte, Computernetzwerke, Telefonnetz | Roth et al. 2002 |
| USA | 1998? | 0,55 | 100 | Geräte | Kawamoto et al. 2000 |
| USA | 2000 | 0,10 | 20 | Fläche | Mitchell-Jackson 2001 |
| USA | 2000 | 0,10 | 15 | Fläche | Beck 2001 |
| NL | 2000 | 0,60 | | Fläche | Hartkamp 2002 |

4.4.2 Aufteilung des Energiebedarfs

Eine Aufteilung des Energiebedarfs auf verschiedene Technologien oder Nutzungen ist wichtig, um Aussagen über eine effizientere Nutzung machen zu können.

Einen Überblick über den Energiebedarf eines großen Rechenzentrums (4 MW) gibt der Beitrag von Aebischer (1993) im RAVEL-Handbuch. Danach wird nur rund ein Viertel des Strombedarfs für die eigentlichen IT-Geräte verwendet und rund drei Viertel für den Betrieb der benötigten Infrastruktur (vgl. Abbildung 4.4-1).

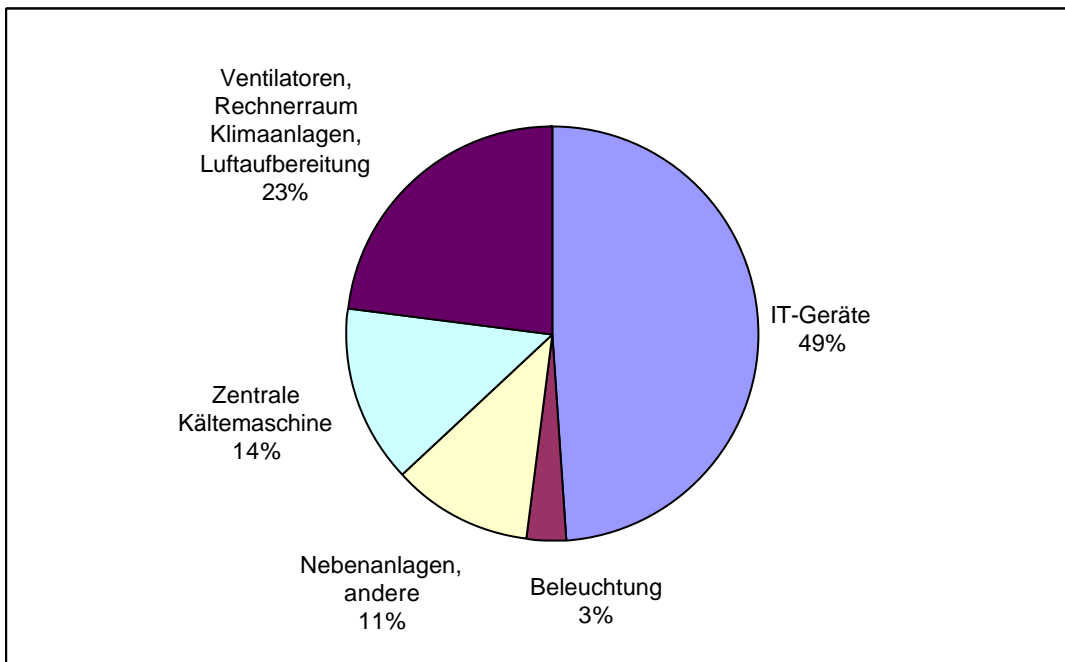
Abbildung 4.4-1: Lastfluss eines Rechenzentrums mit 4 MW elektrischer Leistung



Eine kürzlich durchgeführte Analyse der Rechenzentren in der Schweiz deutet an, dass die Rechneranlagen selbst in der Größenordnung von 45 bis 65 % des Gesamtstroms benötigten und die Kälteerzeugung mit einem Anteil von 20 bis 30 % den größten Anteil unter den Verbrauchern auf der Infrastrukturseite hatte. Die Belüftung trug mit 5 bis 15 % zum Strombedarf bei, die Spannungswandlung und die unterbrechungsfreie Stromversorgung mit 10 % (Aebischer/Frischknecht et al. 2002).

Mitchell-Jackson (2001) analysierte die Verteilung des Strombedarfs auf die einzelnen Verbraucher in einem typischen Data Centre in den USA. Die Analyse ergab, dass knapp über 50 % des Stroms für Kältemaschinen, Rechnerraum-Klimaanlagen (computer room air conditioning units), Nebenanlagen und Beleuchtung verwendet wird. Knapp die Hälfte des Strombedarfs wird von den eigentlichen IT-Geräten verursacht.

Abbildung 4.4-2: Aufteilung des Rechnerraumstroms nach Endabnehmern



Quelle: Mitchell-Jackson 2001

Bei einem Vergleich der verschiedenen Aufteilungen muss auf die zum Teil unterschiedliche Abgrenzung geachtet werden. Für das Rechenzentrum in Abbildung 4.4-1 werden z. B. die Verluste der unterbrechungsfreien Stromversorgung, die Verluste bei der Umformung des Elektrischen Stroms und die Netzteilverluste (Umformungsverluste auf der untersten Stufe) separat ausgewiesen. Mitchell-Jackson (2001) fasst die zentrale USV-Anlagen und die zentrale Stromumwandlung in der Kategorie „auxiliary equipment“ zusammen.

Im Folgenden beschränken wir uns hier auf die Infrastrukturebene. Die Einsparungen auf der Ebene der Geräte wird in Kap. 4.5 behandelt.

Unter Beachtung dieses Konzepts sind die verschiedenen Aufteilungen des Strombedarfs in Data Centres in der nächsten Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4.4-4: Aufteilung des Strombedarfs auf die IuK-Geräte und auf verschiedene Energiedienstleistungen, die für den Betrieb des Data Centres notwendig sind

| | Aebischer 1992 | Aebischer et al. 2002 | | Mitchell- Jackson 2001 |
|----------------|-------------------|-----------------------|------|---------------------------|
| | | min. | max. | |
| IuK-Geräte | 42 % | 43 % | 63 % | 49 % |
| USV-Verluste | 6 % | 10 % | 10 % | 11 % |
| Trafoverluste | 4 % | | | |
| Kälteerzeugung | 17 % | 30 % | 20 % | 14 % |
| Belüftung | 28 % | 15 % | 5 % | 23 % |
| Beleuchtung | 2 % | 2 % | 2 % | 3 % |

Die weitere Untersuchung beschränkt sich auf die Ebene der Infrastruktur, um zu klären, ob der Anteil von rund 50 % der IuK-Geräte am Strombedarf von typischen Data Centres gesteigert werden kann, indem der Bedarf der Infrastruktureinrichtungen durch Effizienzmaßnahmen, Optimierung der Auslegung und Verbesserungen im Betrieb gesteigert werden kann.

4.4.3 Energieeinsparpotenzial im Bereich der Infrastruktur

Die Einsparmöglichkeiten bei der Infrastruktur wurden in Aebischer/Frischknecht et al. (2002) detailliert untersucht. Insbesondere wurde mittels Simulationsrechnungen untersucht, welche Einsparungen durch „freie“ Kühlung (Nutzung der kalten Außenluft anstelle von Kälteproduktion) im milden mitteleuropäischen Klima möglich sind. Die mögliche Reduktion der Anteile der verschiedenen Infrastrukturanlagen – bei unveränderten IuK-Anlagen – am gesamten Strombedarf eines typischen Data Centres sind aus der nächsten Tabelle ersichtlich. Zum Vergleich wird auch ein reales Data Centre (Mitchell-Jackson 2001) gegenübergestellt. Der Infrastrukturananteil kann demnach von 52 % um mehr als die Hälfte auf 24 % am Gesamtstrombedarf reduziert werden. Bezogen auf den Strombedarf der Infrastruktur in einem Data Centre entspricht das einer Einsparung von 37 % (konventionelle Infrastruktur) und 71 % (optimierte Infrastruktur). Für den Gesamtstrombedarf des Data Centres bedeutet dies eine Einsparung von 20 % respektive 37 %. Einsparungen bei den IuK-Geräten sind hier nicht mitberücksichtigt. Verbesserungen bei diesen Geräten sind besonders interessant, denn sie bedeuten eine Reduktion der Abwärme und somit auch Einsparungen bei der Infrastruktur.

Tabelle 4.4-5: Verhältnis des Strombedarfs der Infrastruktur zum Gesamtjahres-Strombedarf für ein optimiertes, ein herkömmliches und ein ineffizientes Data Centre.

| | optimierte Infrastruktur | herkömmliche Infrastruktur | ineffiziente Infrastruktur | (Mitchell-Jackson 2001) ³⁾ |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Anteile basiert auf: | kWh/a | kWh/a | kWh/a | kW |
| freie Kühlung | ja | ja | nein | nein ⁴⁾ |
| Rechnerraum-Temperatur | 26°C | 22°C | 20°C | 20-21°C ⁴⁾ |
| Kaltwassertemperatur | 11/17°C | 6/12°C | 6/12°C | 7-10°C ⁴⁾ |
| Leistungsziffer Kältemaschinen | 4,0 | 2,5 | 2,5 | unbekannt |
| Zulufttemperatur | 14°C | 12°C | 12°C | unbekannt |
| Druckverlust in RRKA | 350Pa | 500Pa | 900Pa | unbekannt |
| Gebläsewirkungsgrad | 65% | 60% | 55% | unbekannt |
| Rechner | 75,7% | 59,2% | 47,6% | 48,5% |
| Heizung, Belüftung, Klimatisierung | 13,3% | 24,8% | 30,4% | 36,9% ¹⁾ |
| Beleuchtung | 2,0% | 3,0% | 4,0% | 3,4% |
| Stromverteilungseinheit | 2,0% | 4,0% | 5,0% | ²⁾ |
| USV | 5,0% | 7,0% | 10,0% | ²⁾ |
| Sonstige | 2,0% | 2,0% | 3,0% | 11,2% |
| Summe | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

1) 13,6 % für Hauptkältemaschine, 23,3 % für Gebläse, CRAC (computer room air conditioning units) Rechnerraumklimaanlagen, AHUs (air handling units)

2) unter „Sonstige“ enthalten

3) Geräte zu 30 bis 40 % ausgelastet

4) Mitchell-Jackson 2002

Quelle: Aebischer et al. 2002

4.4.4 Perspektiven des Energiebedarfs

Wie bereits im Kapitel 4.4.1 bei der Abschätzung des heutigen Energiebedarfs festgehalten, gibt es auch für die Fortführung des Energiebedarfs bis 2010 verschiedene methodische Ansätze:

1. Flächen; elektrische Leistung pro Flächeneinheit,
2. Geräte, die in Data Centres genutzt werden,
3. Anteil am Gesamtstrombedarf.

Keiner dieser drei Ansätze ist jedoch bei der heutigen Datenlage auch nur einigermaßen befriedigend.

Am interessantesten – denn daraus lassen sich Ansätze für Monitoring- und Maßnahmenstrategien ableiten – wäre der Weg über die Geschossflächen und insbesondere über die spezifischen Anschlussleistungen pro Flächeneinheit. Die Diskussion der Entwicklung der Flächen in Kapitel 3.4 zeigt aber, dass beim heutigen Kenntnisstand betreffend der Flächen der Data Centres in Deutschland eine Projektion in die Zukunft wenig Sinn ergibt. Trotzdem wird im Folgenden die spezifische Leistung pro Flächeneinheit kurz diskutiert. Gespräche mit Betreibern von Data Centres haben ergeben, dass bei der Planung neuer Flächen von einer höheren Leistungsaufnahme der zukünftig eingesetzten Geräte ausgegangen wird. Dies ist zum Teil sicherlich in der in der Computerindustrie üblichen Praxis begründet, Leistungsreserven vorzuhalten, da die Innovationsrate sehr hoch ist. Die Ergebnisse zu den Servern stützen diese Annahme des gesteigerten Strombedarfs. Weiteren Einfluss wird die Raumaufteilung und die Flächenausnutzung in den Kernflächen mit den IT-Geräten haben ebenso wie das Verhältnis von Kernfläche zur Fläche, die für die Infrastrukturanlagen benötigt werden wird. Der flächenbezogene Energiebedarf gibt jedoch keinen Hinweis auf die Energieeffizienz der Data Centres, sondern kann lediglich als Grundlage zur Berechnung des absoluten Energiebedarfs dienen, da die erbrachte Nutzleistung keine Funktion der Fläche (wie z. B. bei Lagerhallen), sondern eine Funktion der Leistung der eingesetzten Geräte ist (vgl. auch Aebischer et al. 2002b).

Für den Anteil der IuK-Geräte, die in Data Centres im engeren Sinn (Infrastrukturanlagen und „outsourced“ Geräte) betrieben werden, wurde im Abschnitt 4.4.1 eine relativ grobe Abschätzung (10 %-25 %) vorgenommen. Wie sich dieser Anteil entwickelt, ist ebenfalls sehr unsicher.

Die Infrastruktur der Data Centres ist weitgehend vorhanden und in vielen Bereichen nicht ausgelastet. Inwieweit aber der technische Fortschritt die mit Sicherheit enorm zunehmende Menge von Informationen ohne Energiemehrbedarf bewältigen kann, ist unklar. Wie schnell und wie flächendeckend aber neue Dienstleistungsangebote wie der Mobilfunk mit dem UMTS-Standard aufgebaut werden, ist heute nicht vorhersehbar. Bis zum Jahr 2010 könnte sich zudem auch der Einsatz der IuK in allen Lebensbereichen (Stichwort pervasive/ubiquitous computing) bemerkbar machen (Hilty et al. 2002).

Ob der Anteil der Geräte wächst, die nicht im betriebseigenen Rechenzentrum (corporate Data Centre) oder in einem kleinen Serverraum, sondern ausgelagert in ein Data Centre vom Typ „collocation“ betrieben werden, ist ebenfalls unsicher. Möglicherweise könnte es doch noch zu einer weiteren Auslagerung von IT-Diensten kommen. Das würde bedeuten, dass der Anteil der Geräte steigt, die nicht vom Endnutzer der Dienstleistungen gekauft werden und dass diese Geräte entweder in

sogenannten „dedicated“ Data Centres eingesetzt werden oder aber eben in den „corporate“ Data Centres der Dienstleistungsanbieter. Diese Unterscheidungen können für den Strombedarf signifikante Auswirkungen haben, denn im Fall von größeren Data Centres, wo nicht einfach Geräte des Endkunden betrieben werden, kann die Rechen-, Übermittlungs- und Speicherleistung von vielen kleinen Geräten in einem größeren Gerät mit sehr viel weniger Energiebedarf geleistet werden. Außerdem erreichen die Geräte, die von Dienstleistern betrieben werden, eine höhere Auslastung, da es zu deren Kerngeschäft gehört, ihre Anlagen möglichst effizient einzusetzen. Der Erfolg von solchen ausgelagerten Dienstleistungen ist angesichts der wenig positiven Erfahrungen mit dem Application Service Providing in der Vergangenheit eher zweifelhaft.

Für die Abschätzung des zukünftigen Strombedarfs über die Entwicklung des Anteils der Data Centres am Gesamtstrombedarf wird von Tabelle 4.4-3 ausgegangen.

- Mitchell-Jackson (2001) schätzt den Anteil des Elektrizitätsbedarfs in den Data Centres in den USA im Jahre 2000 auf 0,12 % (4 TWh/a) des Landesbedarfs. Für 2003 erwartet sie einen Bedarf zwischen 0,17 % (6 TWh/a) und 0,61 % (22 TWh/a). Der Landesbedarf steigt durchschnittlich um 2,4 %/Jahr; der Bedarf der Data Centres um 14 %/Jahr (tieferer Wert) und 77 %/Jahr (höherer Wert). Eine Weiterführung der tieferen Wachstumsrate⁷⁰ führt im Jahre 2010 zu einem Anteil des Strombedarfs der Data Centres von 0,36 %.
- Beck (2001) berechnet den Strombedarfanteil der Data Centres in den USA unter Benutzung der Ergebnisse von Mitchell-Jackson (2001) im Jahre 2000 auf 0,09 % (2,9 TWh/a) und im Jahre 2003 auf 0,21 % (7,7 TWh/a) des Landesbedarfs. Die durchschnittliche Wachstumsrate des Strombedarfs der Data Centres beträgt 38 %/Jahr. Eine Fortführung bis 2010 ergibt einen Anteil am Gesamtstrombedarf von 1,8 %.
- Für die Niederlande präsentiert Hartkamp (2002) ein Szenario für den Strombedarf der Data Centres bis 2010. Er nimmt an, dass nach 2003 keine neuen Data Centres gebaut werden und dass die existierenden Data Centres bis 2010 zu 90 % ausgelastet sind. Das durchschnittliche jährliche Wachstum des Strombedarfs beträgt 22 %/Jahr. Für die Zunahme des gesamten Strombedarfs der Niederlande infolge der Data Centres ergeben sich damit 0,8 % im Jahre 2000, 1,6 % in 2002, 2,4 % in 2005 und 3,9 % in 2010. Diese Anteile sind deutlich höher als in den anderen Studien und sind das direkte Resultat der sehr hohen Geschossflächen für Data Centres pro Einwohner in den Niederlanden.

⁷⁰ Eine Fortführung der höheren Wachstumsrate über zehn Jahre macht wenig Sinn, da selbst in den optimistischen Jahren um die Jahrhundertwende niemand mit einem solchen Wachstum über eine längere Zeit gerechnet hat. Das Ergebnis wäre mit einem Anteil von 28 % am Gesamtstrombedarf auch entsprechend unrealistisch: rund zehn mal mehr als der gesamte Strombedarf aller Computer heute.

Der Ansatz über die Geräte, die potentiell in einem Data Centre betrieben werden können, geht zwar von deutlich höheren Anteilen im Jahre 1999/2000 aus: 0,8 % des Strombedarfs in der Schweiz (Aebischer et al. 2002d) und 0,6 % (inkl. Computer- und Telefonnetz) des Strombedarfs in den USA (Roth 2002). Aber die erwarteten Wachstumsraten sind sehr viel kleiner: 1,9 %/Jahr in der Schweiz und zwischen 1,8 %/Jahr und 6,1 %/Jahr in den USA. Bei einem prognostizierten Wachstum des Landesbedarfs in der Schweiz von 0,6 %/Jahr und in den USA von 2,4 %/Jahr steigt der Anteil der Geräte im Jahre 2010 auf 1 % in der Schweiz, und in den USA erreichen die Geräte Anteile zwischen 0,5 % und 0,8 % des Strombedarfs.

Tabelle 4.4-6: Elektrizitätsbedarf von Data Centres in Prozent des Landesbedarfs

| Land | % Landesverbrauch | | Wachstumsraten | | Ansatz | Quelle |
|------|-------------------|-----------|------------------------|----------------|--------|-------------------------|
| | 2000 | 2010 | Data Centres %/Jahr | Land %/Jahr | | |
| USA | 0.12 | 0.36 | 14 | 2.4 | Fläche | Mitchell-Jackson, 2001 |
| USA | 0.09 | 1.80 | 38 | 2.4 | Fläche | Beck, 2001 |
| NL | 0.80 | 3.90 | 22 | | Fläche | Hardkamp, 2002 |
| USA | 0.60 | 0.6 - 0.8 | 1.8 - 6.1 | 2.4 | Geräte | Roth et al., 2002 |
| CH | 0.80 | 1.00 | 1.9 | 0.6 | Geräte | Aebischer et al., 2002d |

4.5 Erwartete Entwicklung des Energiebedarfs von IuK-Technologien zwischen 2001 und 2010

Nach der hier durchgeführten Bottom-up-Analyse der Einzelgeräte liegt der gesamte Strombedarf für den Einsatz von IuK-Technologien in Haushalten und Büros im Jahr 2001 bei rund 38 TWh (Tabelle 4.5-1). 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 4.5-1: Entwicklung des gesamten Strombedarfs für IuK-Technologien in Haushalten und Büros in Deutschland zwischen 2001 und 2010

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Strombedarf IuK | 38,0TWh | 46,3 TWh | 55,4 TWh |
| Veränderung | 2001-2010 | 2001-2005 | 2005-2010 |
| Gesamtwachstum | 45,8 % | 21,9 % | 19,8 % |
| Jährliches Wachstum | 4,3 % | 5,1 % | 3,7 % |

Vergleicht man den für das Basisjahr 2001 hier ermittelten Wert von 38 TWh mit den Angaben von Geiger/Wittke (2002) in der regelmäßig veröffentlichten Detaillierung des Energiebedarfs in Deutschland nach Anwendungszwecken, so scheinen die Werte auf den ersten Blick relativ gut übereinzustimmen. Geiger/Wittke geben für **alle** IuK-Dienstleistungen im Jahr 2000 einen Elektrizitätsbedarf von 34,1 TWh an. Allerdings umfasst dieser Wert auch den Bedarf im hier nicht berücksichtigten Sektor Verkehr und im Sektor Industrie, aus dem in dieser Untersuchung nur der Bürobereich, nicht jedoch die in der Produktion einbezogen wurde. Damit liegen die hier für 2001 ermittelten 38 TWh nur für IuK-Anwendungen in Haushalten und Büros doch deutlich über dem von Geiger/Wittke für den gesamten IuK-Bereich angegebenen Wert. Noch deutlicher wird die Differenz, wenn man nur den Strombedarf für IuK-Zwecke in Haushalten vergleicht, da hier eine vergleichbare Abgrenzung vorliegt. Dieser liegt nach Geiger/Wittke im Jahr 2000 bei 13,9 TWh, während nach den hier ermittelten Ergebnissen im Jahr 2001 22,5 TWh auf den Strombedarf für IuK-Endgeräte und –Infrastruktur in Haushalten entfallen (Tabelle 4.5-2).

Betrachtet man die hier untersuchten Nutzungsbereiche im Einzelnen (Tabelle 4.5-2), so liegt 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. Bei der Haushalts-Infrastruktur wird ein Anstieg des Strombedarf bis 2010 um 90 %, bei der Büro-Infrastruktur etwas mehr als eine Verdoppelung und bei der Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen sogar ein Anstieg mehr als 150 % erwartet. Dieser Schwerpunkt des Wachstums bei der Infrastruktur ist auch der wesentliche Grund dafür, dass der Strombedarf im Normalbetrieb in der Summe deutlich stärker wächst als im Bereitschaftsbetrieb. Denn sowohl die Geräte und Anlagen der Büros als auch die der Telekommunikations-Infrastruktur sind zu einem überwiegend Teil dauerhaft in Betrieb, d.h. laufen fast ausschließlich im Normalbetrieb. Im Folgenden wird die erwartete Entwicklung des Strombedarf für IuK-Technologien und deren wesentliche Ursachen nochmals getrennt nach Betriebsmodi, Nutzungsbereichen und Geräteklassen erläutert.

Tabelle 4.5-2: 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) | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| | Normal-betrieb | Bereitschafts-betrieb | 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 | 0,0 | 5425 |
| Infrastruktur Telekommunikation | 2250 | | | 2250 |
| Gesamt | 23359 | 11951 | 2669 | 37979 |

| 2005 | Strombedarf (GWh) | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| | Normal-betrieb | Bereitschafts-betrieb | Schein-Aus | Summe |
| 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 | Strombedarf (GWh) | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| | Normal-betrieb | Bereitschafts-betrieb | Schein-Aus | Summe |
| 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 |

4.5.1 Energiebedarf in den verschiedenen Betriebsmodi

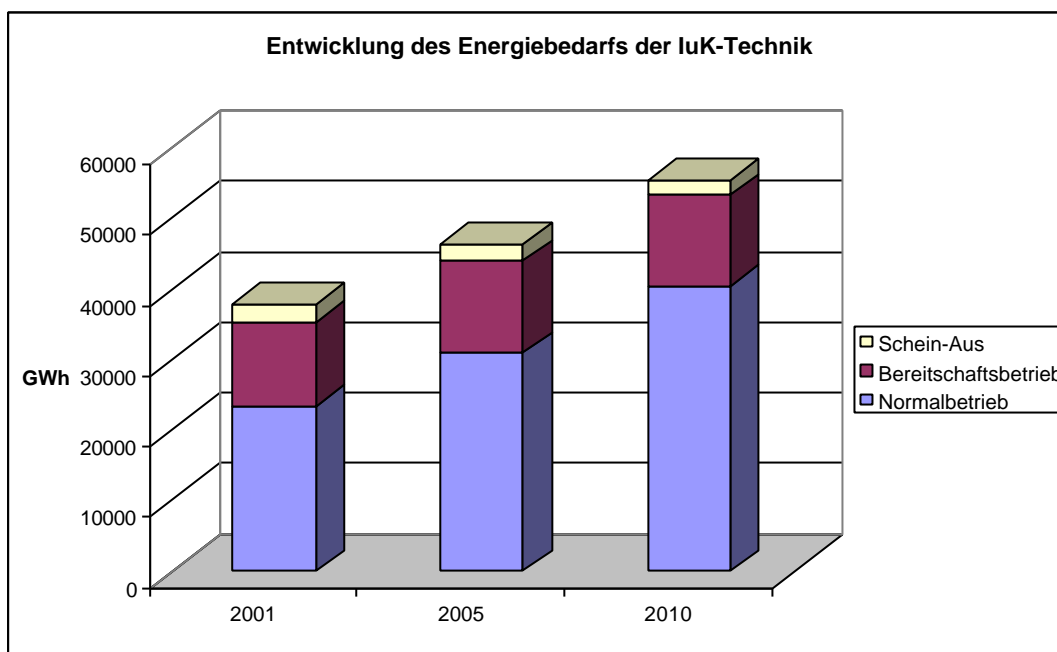
Der Zuwachs des Energiebedarfs wird in erster Linie durch den *Normalbetrieb* verursacht (vgl. Tabelle 4.5-2 und Abbildung 4.5-1). Dies ist, wie oben bereits erläutert, vor allem darauf zurückzuführen, dass die meisten der in den beiden am stärksten wachsenden Verbrauchsbereichen – der Büro-Infrastruktur und der Infrastruktur der Telekommunikationsgeräte – eingesetzten IuK-Geräte und -Anlagen wie Server oder Mobilfunkanlagen nahezu ausschließlich im Normalbetrieb laufen. Nicht alle diese Geräte sind allerdings auch permanent hoch ausgelastet, sondern viele Geräte verbringen einen nicht unbedeutenden Teil der Zeit im Wartezustand auf neue Aufgaben.

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. Kap. 6). Der lediglich marginale Rückgang ab Mitte der Dekade zeigt allerdings deutlich, dass deren Wirkung nicht ausreicht, um den Strombedarf für den Bereitschaftsbetrieb wirklich signifikant zu senken.

Der im *Schein-Aus-Zustand* verursachte Strombedarf nimmt dagegen im Betrachtungszeitraum von 2001 bis 2010 signifikant 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.⁷¹ 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.

⁷¹ Dieses Ergebnis weicht von den Ergebnissen von Böde et al. (2000a) ab, die noch von einer wachsenden Bedeutung des Schein-Aus-Verlustes ausgingen. Diese Einschätzung muss auf Grund der veränderten Prognosen revidiert werden.

Abbildung 4.5-1: Energiebedarf der IuK-Technik nach Betriebsarten



4.5.2 Energiebedarf nach Nutzungsbereichen

Die Analyse des Energiebedarfs nach den fünf unterschiedenen Verbrauchsbereichen zeigt die Dominanz der Endgeräte in Haushalten, die im Jahr 2001 rund die Hälfte des Energiebedarfs der IuK-Technik verursachen (vgl. Abbildung 4.5-2). Da das Wachstum des Energiebedarfs für Endgeräte in Haushalten mit rund 28 % im Betrachtungszeitraum deutlich geringer als bei den Infrastrukturbereichen ausfällt, geht der Anteil auf rund 44 % im Jahr 2010 zurück (vgl. Abbildung 4.5-3 und Abbildung 4.5-4). Der Energiebedarf für Endgeräte in Büros geht im Betrachtungszeitraum von 2001 bis 2010 sogar in absoluten Werten leicht zurück. Zwei Gerätegruppen zeichnen für diese Entwicklung verantwortlich: die Monitore und die Personal Computer, wobei erstere den deutlich höheren Rückgang zeigen. Hier macht sich vor allem die bereits beobachtbare Technologiesubstitution von Kathodenstrahl-Monitoren durch LCD-Monitore bemerkbar, die deutlich energieeffizienter sind. Bei Computern in Büros geht der Bestand an Desktop-PCs marginal zurück, während der Bestand an – energieeffizienteren – Notebooks zunimmt. Sowohl bei Personal Computern als auch bei Monitoren nimmt zudem die Nutzungszeit im Normalbetrieb ab, da angenommen wird, dass die Geräte mit der Verbesserung der Power-Management-Systeme (gefördert durch den Energy Star) öfter in den Bereitschaftsbetrieb versetzt werden.

Abbildung 4.5-2: Energiebedarf der IuK-Technik nach Bereichen im Jahr 2001

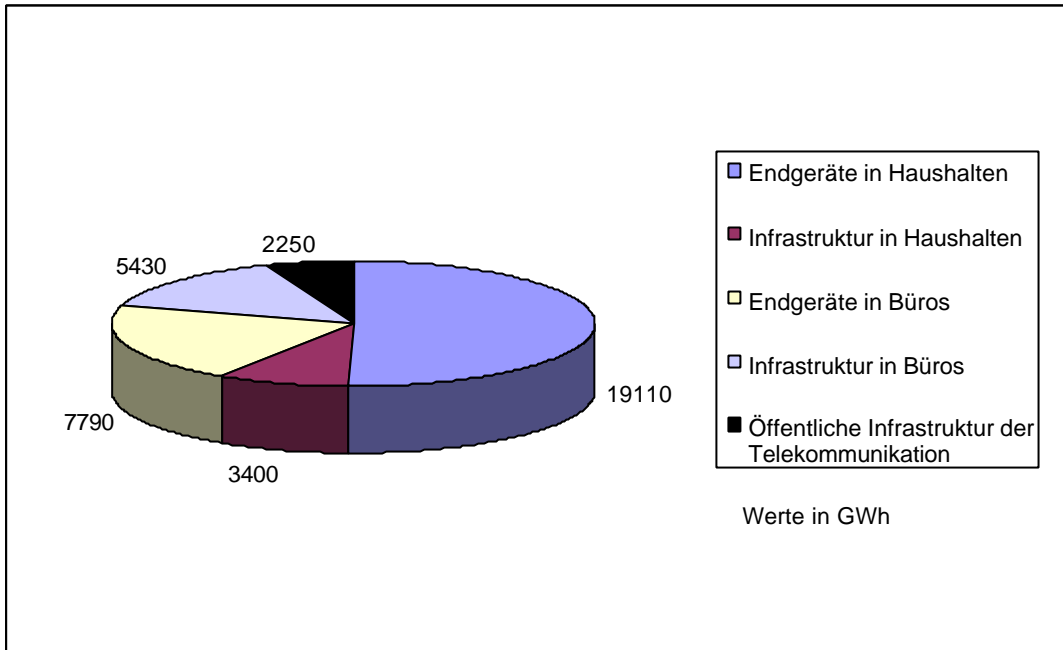


Abbildung 4.5-3: Energiebedarf der IuK-Technik nach Bereichen im Jahr 2005

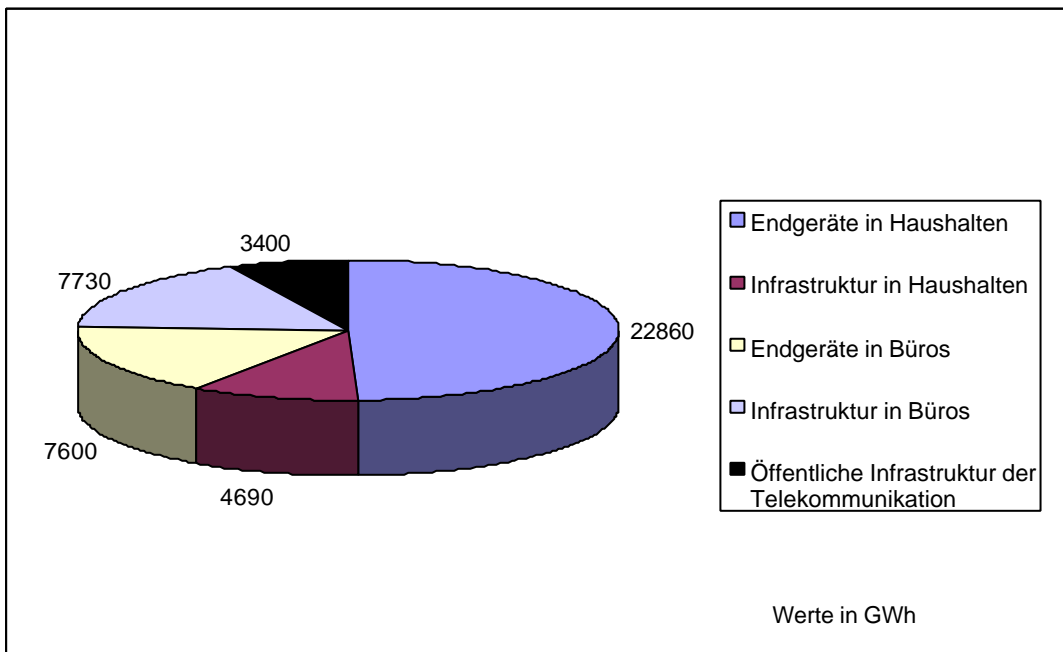
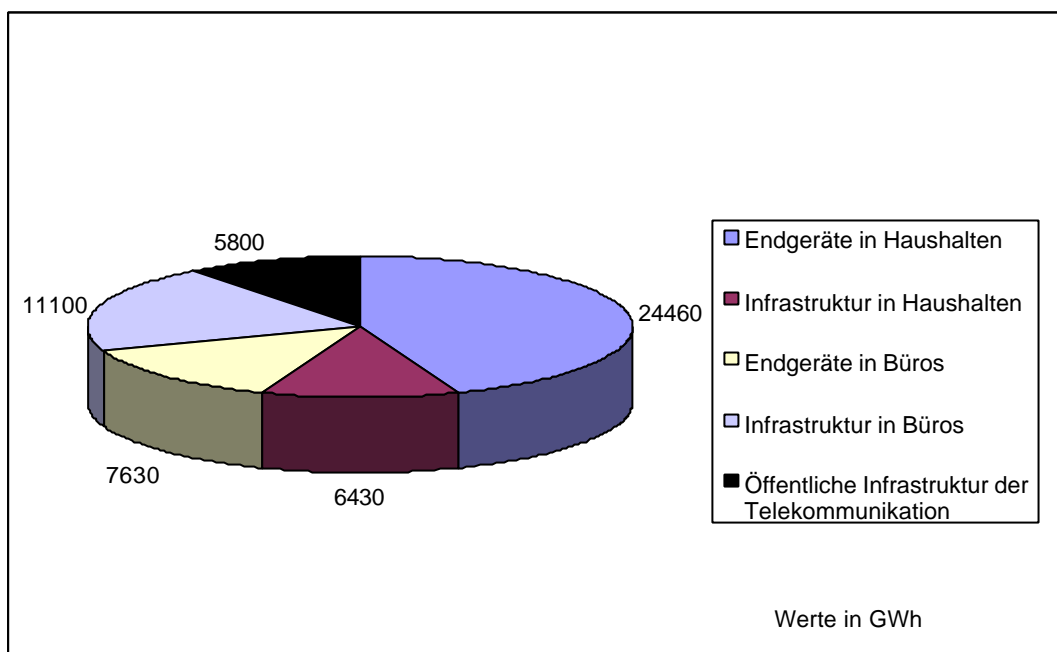


Abbildung 4.5-4: Energiebedarf der IuK-Technik nach Bereichen im Jahr 2010



Das stärkste Wachstum tritt bei der Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen auf. Hier steigt der Energiebedarf von rund 2,2 TWh im Jahr 2001 auf 5,8 TWh im Jahr 2010. Dieses Wachstum um mehr als 150 % geht auf die Einrichtung der UMTS-Mobilfunknetze zurück. Während der Energiebedarf für den Festnetzbereich lediglich um 27 % zunimmt, tritt beim Mobilfunk eine Steigerung um ungefähr das 3,9fache auf (vgl. Abschnitt 4.3.2).

Mit einer Steigerung um 104 % nimmt auch der Energiebedarf für die Infrastruktur in Büros sehr deutlich zu. Den weitaus größten Anteil haben in diesem Bereich die Server. Ihre Bedeutung wird auch in Zukunft noch zunehmen, so dass ihr Anteil am Energiebedarf der Infrastruktur in Büros von 73 % auf 79 % zunehmen wird. Der Energiebedarf der Infrastruktur in privaten Haushalten wird von 3,3 TWh auf 5,6 TWh etwas moderater ansteigen. Während im Jahr 2001 noch die Infrastruktur-Geräte für das Fernsehen mehr Gewicht hatten, nimmt die Bedeutung für die Kommunikations-Infrastruktur stärker zu, so dass sie im Jahr 2010 mit 3,3 TWh für knapp 60 % des Energiebedarfs verantwortlich ist.

Ein weiterer im Zusammenhang mit der IuK-Infrastruktur auftretender Energiebedarf wird durch Anlagen für die Klimatisierung von Computerräumen, insbesondere Server-Räume, verursacht. Da es sich nicht um direkte Geräte der IuK-Technik handelt, wurden diese Anlagen in der für diese Untersuchung zu Grunde gelegten Geräteliste (vgl. Tabelle 2.1-1) zwar nicht erfasst. Durch den erwarteten weiteren Anstieg der Anzahl der Server und dem zunehmenden Einsatz noch leistungsfähigerer Geräte wird aber auch der für die Klimatisierung aufzuwendende Energiebedarf

noch zunehmen. Je größer die Wärmeleistung von Computern ist, desto intensivere Maßnahmen müssen getroffen werden, um die produzierte Wärme zuverlässig abzuführen und ein materialverträgliches Klima zu erhalten. In der Literatur wird von Roth et al. (2002) eine Spanne von 20 bis 50 % des Energiebedarfs der Server genannt, der zusätzlich für Klimatisierung aufgewendet werden muss. Koomey et al. (1999) nennen einen Wert von maximal 50 % des Energiebedarfs der IT-Technik der nochmals für die Klimatisierung benötigt wird. Wenn man diese Angaben auf Deutschland überträgt und dabei von einem eher vorsichtig geschätzten Wert von 25 % des Bedarfs für IT-Geräte ausgeht 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 hinzu; im Jahr 2005 sind es bereits 1890 GWh und im Jahr 2010 3 TWh.

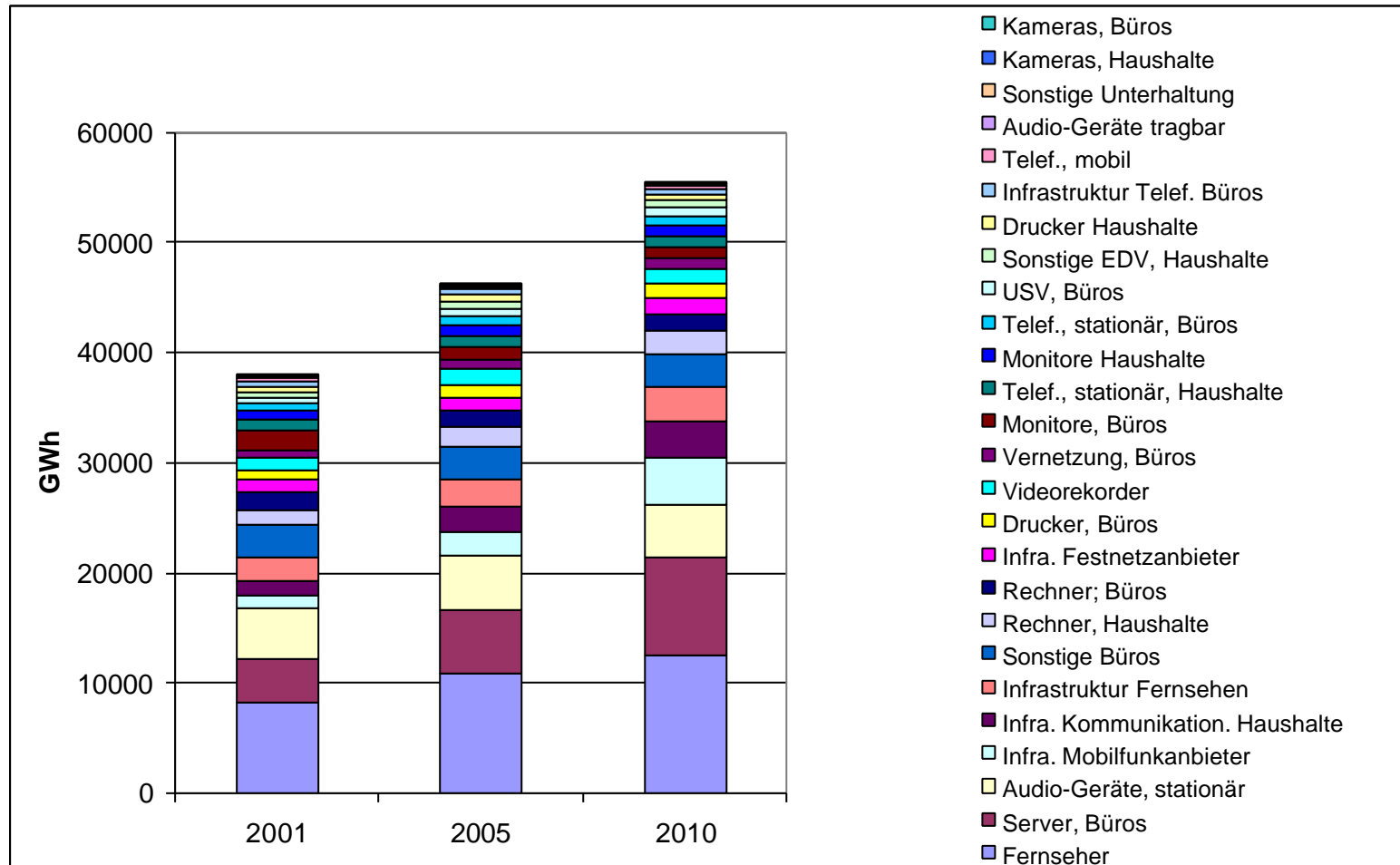
4.5.3 Energiebedarf nach Geräteklassen

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 4.5-5).

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 steigernd auf den Energiebedarf. Die Gerätekategorie „Sonstige“ in Büros, die von den Kopiergeräten dominiert wird, bleibt in ihrem Energiebedarf weitestgehend konstant und verliert damit in einem Umfeld von Geräteklassen mit steigendem Energiebedarf relativ an Bedeutung. Allerdings ist ein absoluter Bedarf von rund 3,0 TWh im Jahr 2010 immer noch als erheblich einzuschätzen.

Die acht Geräteklassen mit dem niedrigsten Energiebedarf nehmen im Jahr 2010 mit einem Energiebedarf von rund 3,1 TWh einen Anteil von unter 5 % ein. Selbst Steigerungen des Energiebedarfs von knapp 70 %, wie beispielsweise bei Digitalkameras in Haushalten, sind bei diesen Geräteklassen nicht als besorgniserregend einzustufen, da der absolute Verbrauch so gering ist.

Abbildung 4.5-5: Energiebedarf der IuK-Technologie nach Geräteklassen



In den nachfolgenden Tabellen (Tabelle 4.5-3 bis Tabelle 4.5-7) wird der Strombedarf der einzelnen IuK-Endgeräte und der Infrastruktur-Einrichtungen getrennt für Haushalte und Büros sowie die Telekommunikations-Infrastruktur nochmals zusammenfassend dargestellt. Der dort angegebene Leerlauf-Anteil umfasst den Verbrauch im Bereitschafts- und Schein-Aus-Zustand.

Tabelle 4.5-3 Energiebedarf der IuK-Endgeräte in Haushalten in Deutschland
2001, 2005 und 2010

| Gerät | Strombedarf 2001 | | Strombedarf 2005 | | Strombedarf 2010 | |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil |
| Audio-Geräte (stationär) | 4666,2 | 50,1% | 4871,9 | 49,8% | 4791,2 | 46,6% |
| Kompaktanlage | 1382,9 | 60,5% | 1392,0 | 60,5% | 1249,1 | 55,7% |
| Stereoanlage | 2983,1 | 40,5% | 3177,7 | 40,5% | 3238,0 | 38,3% |
| Radiowecker | 300,1 | 98,2% | 302,3 | 98,2% | 304,1 | 98,2% |
| Audio-Geräte (tragbar) | 151,2 | 87,9% | 137,8 | 87,9% | 122,3 | 87,9% |
| Radiorekorder | 151,2 | 87,9% | 137,8 | 87,9% | 122,3 | 87,9% |
| Fernseher | 8249,0 | 17,9% | 10838,2 | 14,9% | 12580,0 | 13,8% |
| Fernseher Kathodenstrahl | 8184,0 | 17,9% | 10228,8 | 14,5% | 8950,7 | 12,6% |
| Fernseher LCD | 41,8 | 23,6% | 536,5 | 23,6% | 2516,0 | 21,8% |
| Fernseher Plasma | 15,1 | 4,5% | 47,5 | 4,5% | 1041,8 | 4,7% |
| TV-Projektor | 8,1 | 8,3% | 25,5 | 8,4% | 71,4 | 8,8% |
| Videorekorder | 1179,0 | 83,9% | 1500,9 | 84,3% | 1311,6 | 77,2% |
| Videorekorder | 1072,1 | 82,8% | 946,2 | 81,8% | 647,1 | 78,3% |
| Video-DVD-Spieler/Rekorder | 106,9 | 95,2% | 554,7 | 88,6% | 664,5 | 76,2% |
| Kameras | 42,8 | 87,6% | 70,0 | 82,3% | 72,5 | 73,5% |
| Videokamera/Camcorder | 35,0 | 88,3% | 40,0 | 84,6% | 38,7 | 77,4% |
| Digital-Fotokamera | 7,8 | 84,4% | 29,9 | 79,3% | 33,7 | 69,2% |
| Sonstiges | 57,4 | 74,3% | 101,2 | 55,3% | 120,9 | 48,6% |
| Spielkonsole | 57,4 | 74,3% | 101,2 | 55,3% | 120,9 | 48,6% |
| Telefonie (Festnetz) | 1034,5 | 98,6% | 1000,0 | 98,2% | 963,2 | 97,8% |
| Schnurlostelefon mit 1 Handgerät | 333,0 | 97,6% | 332,6 | 97,0% | 349,6 | 97,0% |
| Schnurlostelefon mit >1 Handgerät | 88,7 | 97,3% | 109,8 | 96,6% | 187,9 | 96,6% |
| Anrufbeantworter | 425,6 | 99,3% | 407,7 | 99,2% | 337,7 | 99,0% |
| Faxgerät | 187,1 | 99,3% | 149,8 | 99,2% | 88,0 | 99,0% |
| Telefonie (mobil) | 312,8 | 89,2% | 239,0 | 76,7% | 176,9 | 60,8% |
| GSM1 | 107,0 | 68,3% | 55,9 | 34,2% | 34,1 | 27,6% |

| Gerät | Strombedarf 2001 | | Strombedarf 2005 | | Strombedarf 2010 | |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil |
| UMTS1 | | - | 36,5 | 47,8% | 66,0 | - |
| Ladegerät Mobiltelefon ² | 205,9 | 100,0% | 146,7 | 100,0% | 76,8 | 100,0% |
| Rechner | 1433,9 | 72,3% | 1814,9 | 68,6% | 2137,4 | 65,0% |
| PC | 1333,3 | 71,6% | 1667,2 | 68,2% | 1960,8 | 65,8% |
| Notebook | 83,2 | 79,1% | 118,4 | 65,7% | 149,7 | 49,6% |
| PDA | 17,4 | 98,5% | 29,4 | 97,8% | 26,9 | 96,8% |
| Monitore | 852,2 | 45,2% | 948,2 | 37,9% | 879,3 | 33,9% |
| Kathodenstrahl | 834,4 | 44,8% | 901,3 | 37,0% | 740,7 | 31,0% |
| LCD | 17,8 | 65,0% | 46,9 | 55,2% | 138,5 | 49,4% |
| Drucker | 615,9 | 95,2% | 638,8 | 93,0% | 603,0 | 89,7% |
| Tintenstrahl | 451,1 | 98,0% | 425,6 | 97,1% | 329,4 | 95,5% |
| Laser | 146,3 | 86,3% | 206,7 | 84,4% | 272,2 | 82,5% |
| Nadeldrucker | 18,4 | 95,1% | 6,4 | 94,4% | 1,5 | 93,6% |
| sonstige Geräte | 520,0 | 97,7% | 697,5 | 98,0% | 705,1 | 97,8% |
| Scanner | 402,0 | 99,5% | 590,3 | 99,2% | 599,4 | 99,1% |
| Fotokopierer | 24,6 | 90,7% | 16,4 | 90,7% | 8,4 | 89,1% |
| Aktivboxen (PC) | 93,4 | 92,3% | 90,8 | 91,3% | 97,3 | 90,4% |
| Summe Haushalts-Endgeräte | 19114,9 | 46,2% | 22858,5 | 42,0% | 24463,4 | 37,5% |

Tabelle 4.5-4 Energiebedarf der IuK-Endgeräte in Büros in Deutschland
2001, 2005 und 2010

| Gerät | Strombedarf 2001 | | Strombedarf 2005 | | Strombedarf 2010 | |
|---------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil |
| Kameras | 4,4 | 91,4% | 3,7 | 88,1% | 2,4 | 80,7% |
| Videokamera/ Camcorder | 2,3 | 91,7% | 1,7 | 88,6% | 1,1 | 82,0% |
| Digital-Fotokamera | 2,2 | 91,2% | 2,0 | 87,7% | 1,3 | 79,6% |
| Telefonie (Festnetz) | 696,9 | 89,3% | 831,9 | 87,2% | 845,2 | 86,4% |
| Schnurlostelefon | 52,3 | 94,8% | 65,8 | 93,6% | 90,9 | 93,6% |
| Komforttelefon | 152,7 | 94,1% | 132,9 | 92,7% | 142,1 | 92,7% |
| Anrufbeantworter | 83,5 | 99,3% | 72,2 | 99,2% | 59,9 | 99,0% |
| Faxgerät | 408,5 | 84,8% | 560,9 | 83,6% | 552,2 | 82,3% |
| Rechner | 1579,0 | 27,1% | 1466,3 | 31,3% | 1469,7 | 31,9% |
| PC | 1284,0 | 23,8% | 1151,4 | 30,8% | 1088,6 | 33,7% |
| Notebook | 291,3 | 40,8% | 302,7 | 31,0% | 361,9 | 23,3% |
| PDA | 3,7 | 98,4% | 12,2 | 96,7% | 19,2 | 91,3% |
| Monitore | 1688,6 | 14,0% | 1196,8 | 16,6% | 990,8 | 17,3% |
| Kathodenstrahl | 1629,4 | 13,6% | 1062,2 | 15,9% | 813,2 | 14,8% |
| LCD | 59,2 | 27,3% | 134,7 | 21,8% | 177,7 | 28,5% |
| Drucker | 896,3 | 63,1% | 1144,5 | 50,3% | 1361,2 | 42,5% |
| Tintenstrahl | 65,5 | 91,1% | 49,0 | 87,7% | 60,5 | 89,7% |
| Laser | 789,1 | 59,9% | 1095,5 | 48,6% | 1300,7 | 40,3% |
| Nadeldrucker | 41,7 | 81,4% | 0,0 | | 0,0 | |
| Sonstige | 2921,8 | 46,3% | 2960,6 | 44,3% | 2959,8 | 41,1% |
| Scanner | 125,1 | 96,3% | 95,3 | 94,9% | 80,8 | 93,8% |
| Fotokopierer | 2775,8 | 44,1% | 2816,6 | 42,9% | 2791,2 | 40,4% |
| Beamer | 20,8 | 44,0% | 48,7 | 25,8% | 87,8 | 14,7% |
| Summe Büro Endgeräte | 7787,0 | 41,2% | 7603,8 | 43,1% | 7629,1 | 41,5% |

Tabelle 4.5-5 Energiebedarf der Haushalts-Infrastruktur in Deutschland
2001, 2005 und 2010

| Gerät | Strombedarf 2001 | | Strombedarf 2005 | | Strombedarf 2010 | |
|---|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil |
| Fernsehen | 2028,1 | 67,5% | 2409,1 | 56,4% | 3159,1 | 40,9% |
| Satellitenempfänger | 1211,6 | 62,3% | 1276,0 | 55,8% | 1350,8 | 48,9% |
| Antennenverstärker | 171,1 | 78,6% | 176,0 | 77,2% | 177,7 | 75,7% |
| Set-top Box | 218,4 | 66,1% | 527,7 | 37,0% | 1199,0 | 16,9% |
| LNB | 426,9 | 78,6% | 429,3 | 73,7% | 431,7 | 68,0% |
| Internet-/Telefon-/ Sonstige-Infrastruktur | 1383,0 | 67,9% | 2285,6 | 42,5% | 3268,9 | 32,9% |
| DSL Splitter | 77,1 | 0,0% | 357,4 | 0,0% | 560,6 | 0,0% |
| DSL Modem | 47,0 | 87,3% | 151,4 | 92,0% | 121,6 | 90,3% |
| CATV-Modem | 2,1 | 80,5% | 65,1 | 87,5% | 121,4 | 85,5% |
| Satelliten Modem | 10,2 | 92,1% | 17,5 | 95,0% | 116,2 | 95,7% |
| PLC-Adapter | 0,7 | 72,9% | 5,6 | 81,4% | 17,0 | 83,6% |
| PLC-Hauskoppler | 3,0 | 0,0% | 24,9 | 0,0% | 77,9 | 0,0% |
| Router (DSL) | 23,1 | 0,0% | 321,7 | 0,0% | 841,0 | 0,0% |
| Telefon-Modem | 207,4 | 93,4% | 35,7 | 95,1% | 0,0 | 00,0% |
| ISDN-Box | 319,2 | 0,0% | 584,9 | 0,0% | 674,6 | 0,0% |
| Türsprechanlage | 693,1 | 99,9% | 721,4 | 99,9% | 738,6 | 99,9% |
| Summe Haushalts- Infrastruktur | 3339,6 | 67,7% | 4522,1 | 50,2% | 6035,9 | 38,1% |

Tabelle 4.5-6 Energiebedarf der Büro-Infrastruktur in Deutschland 2001, 2005 u. 2010

| Gerät | Strombedarf 2001 | | Strombedarf 2005 | | Strombedarf 2010 | |
|---|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil | [GWh] | Leerlauf-Anteil |
| Vernetzung | 664,8 | 0,0% | 808,4 | 0,0% | 1031,6 | |
| Router | 456,9 | 0,0% | 555,7 | 0,0% | 709,2 | 0,0% |
| Hubs/Switches | 207,8 | 0,0% | 252,6 | 0,0% | 322,4 | 0,0% |
| Internet-/Telefon-/ Sonstige-Infrastruktur | 433,3 | 62,9% | 464,8 | | 498,1 | 54,7% |
| Nebenstellen Anlage [W/Teilnehmer] | 160,6 | 0,0% | 192,1 | 0,0% | 225,4 | 0,0% |
| Türsprechanlage | 272,7 | 99,9% | 272,7 | 99,9% | 272,7 | 99,9% |
| Server | 3945,1 | 0,0% | 5799,9 | 0,0% | 8790,9 | 0,0% |
| unteres Preissegment | 1029,6 | 0,0% | 1501,8 | 0,0% | 2342,7 | 0,0% |
| mittleres Preissegm. | 748,8 | 0,0% | 1137,7 | 0,0% | 1742,5 | 0,0% |
| oberes Preissegment | 2166,7 | 0,0% | 3160,4 | 0,0% | 4705,8 | 0,0% |
| USV | 382,2 | | 653,2 | | 780,6 | |
| für Router | 38,4 | 0,0% | 55,6 | 0,0% | 56,7 | 0,0% |
| für Hubs/Switches | 12,5 | 0,0% | 17,7 | 0,0% | 20,6 | 0,0% |
| für Server uP | 86,5 | 0,0% | 150,2 | 0,0% | 187,4 | 0,0% |
| für Server mP | 62,9 | 0,0% | 113,8 | 0,0% | 139,4 | 0,0% |
| für Server oP | 182,0 | 0,0% | 316,0 | 0,0% | 376,5 | 0,0% |
| Büro-Infrastruktur | 5425,4 | 5,0% | 7726,3 | 3,5% | 11101,2 | 2,5% |

Tabelle 4.5-7 Energiebedarf der Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen in Deutschland 2001, 2005 und 2010

| Gerät | Strombedarf 2001 [GWh] | Strombedarf 2005 [GWh] | Strombedarf 2010 [GWh] |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Festnetzanbieter | 1121,0 | 1153,2 | 1424,2 |
| Telefonkanal (Watt pro Kanal) | 1075 | 1153 | 1186 |
| DSL-Anschluss (Watt pro Anschluss) | 46 | | 238 |
| Mobilfunkanbieter | 1128,7 | 2246,0 | 4379,1 |
| Basisstationen GSM | 835 | 981 | 933 |
| Basisstationen UMTS | 0 | 688 | 2359 |
| Vermittlungstechnik GSM | 294 | 351 | 336 |
| Vermittlungstechnik UMTS | 0 | 226 | 752 |
| Summe Infrastruktur TK | 2249,7 | 3399,1 | 5803,3 |

4.6 Optionen und Potenziale zur Energieeinsparung bei IuK-Technologien

Grundsätzlich bietet sich an, die Einsparoptionen und Einsparpotenziale bei IuK-Technologien nach den drei analysierten Betriebszuständen Normalbetrieb, Bereitschaftsbetrieb und Schein-Aus-Zustand zu gliedern. Dabei zeigt sich, dass es bei den Betriebszuständen Bereitschaft und Schein-Aus Optionen gibt, die sich über mehrere, zum Teil auch alle Gerätearten anwenden lassen. Außerdem lassen sich die Optionen und Potenziale auch nach technischen und verhaltensbezogenen Maßnahmen analysieren. Verhaltensbezogene Maßnahmen für den Bereich der privaten Haushalte wurde von Brohmann et al. (2000) und von Böde et al. (2000b) für den Bereich der Büros untersucht. Für den Bürobereich wird von den Autoren ein konsequentes Abschalten der Geräte außerhalb der Arbeitszeiten und während längerer Arbeitspausen vorgeschlagen. Dabei wird auf Studien in den USA verwiesen (z. B. Picklum et al. 1999), die in Begehungen einen hohen Anteil an angeschalteten Computern in den Nachtstunden ermittelt haben. Ohne auf die Ergebnisse von Bürobegehungen in Deutschland zurückgreifen zu können, wird dennoch angenommen, dass in diesem Punkt ein Unterschied in den Nutzungsgewohnheiten besteht und dass PCs in Deutschland außerhalb der Arbeitszeit weitaus häufiger abgeschaltet werden. Daher wird nicht davon ausgegangen, dass diese Option noch ein bedeutsames Einsparpotenzial beinhaltet. Das Abschalten während Arbeitspausen wird wegen des erhöhten Zeitaufwands für das Herunterfahren und das Wiederanfahren der Computer als wenig realistisch eingeschätzt. Möglicherweise wird die Verwendung der ACPI-Technik⁷² die Energieeinsparung während Arbeitspausen erleichtern, da sie ein schnelles, sicheres Versetzen von PCs in einen Bereitschaftsbetrieb mit einer Leistungsaufnahme von bis unter 3 Watt erlauben soll (vgl. Weeren 2002). Es bestehen jedoch weiterhin Zweifel, ob diese Anforderungen unter der Vielfalt an Hardware- und Softwarekonfigurationen erfüllt werden können und ob andere als die klassischen, großen Computerhersteller diese Technik anbieten werden. Grundsätzlich sind technische Einsparpotenziale bei elektrischen und elektronischen Geräten als deutlich wirksamer einzuschätzen als verhaltensbedingte, so dass im Folgenden der Schwerpunkt auf der Technik liegt.

4.6.1 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. Schein-Aus wurde in Kapitel 1 als der Zustand definiert, in dem Geräte durch einen Schalter ausgeschaltet werden, keinerlei Funktion mehr erfüllen und dennoch einen Bedarf an elektrischer Energie aufweisen. Hauptgrund für den Einbau von Schal-

⁷² Advanced Configuration Power Interface

tern, die nicht vor der Spannungsversorgung lokalisiert sind sondern auf der Niederspannungsseite, sind die geringeren Kosten für die Hersteller der Geräte (vgl. Böde et al. 2000a). Auf Niederspannungsseite kann z. B. ein einfacher Folientastaturschalter angebracht werden, der im kostengünstigsten Fall auf einer Platine mit anderen Komponenten bereits integriert ist. Ein Schalter auf der in Haushalten üblichen Spannungsebene von 230 V muss dagegen den Schutzvorschriften gegen Stromschlag und denen des Brandschutzes entsprechen und schlägt mit höheren Kosten zu Buche.

Da ein Schein-Aus-Verlust in vielen Fällen nicht ohne weiteres zu erkennen ist, muss davon ausgegangen werden, dass ein großer Teil der Nutzer keine Kenntnis über den Schein-Aus-Verlust von elektrischen Geräten hat. In manchen Fällen deutet möglicherweise ein Transformatorbrummen oder die von der Stromaufnahme im Schein-Aus-Zustand bewirkte Wärmeentwicklung auf die Verlustleistung hin. In der Regel jedoch können Schein-Aus-Verluste nur über Information durch die Hersteller, die inzwischen zumindest zum Teil in den Bedienungsanweisungen enthalten sind, oder mit Hilfe eines Messgeräts aufgedeckt werden.

Zur Vermeidung des Schein-Aus-Verlusts bestehen mehrere Optionen. Einerseits bestehen Möglichkeiten, durch Verhaltensmaßnahmen die Schein-Aus-Verluste zu mindern. Ohne jede Kosten kann durch das Trennen des Netzsteckers vom Stromnetz der Schein-Aus-Verlust von Geräten beseitigt werden. Diese Option wird z. B. von Herstellern von IT-Geräten „bei längeren Nutzungspausen“ empfohlen. Es ist jedoch zweifelhaft, ob diese Option tatsächlich als praktikabel eingestuft werden kann, da der Aufwand für die Nutzer je nach Lage der Steckdose relativ zum wahrgenommenen Ergebnis – es tut sich nichts sichtbares – hoch ist. Bereits mit Kosten verbunden ist die Anschaffung einer schaltbaren Steckdosenleiste, mit deren Hilfe Geräte vollständig ausgeschaltet werden können. Ein Vergleich der Kosten für eine Steckdosenleiste einerseits und der vermiedenen Kosten für den Strombedarf andererseits zeigt, dass in vielen Fällen die Anschaffung und Nutzung einer Steckdosenleiste mit Schalter lohnend ist (vgl. Tabelle 4.6-1).

Ab einer gewissen Dauer der Amortisationszeit werden viele Nutzer den wirtschaftlichen Vorteil nur noch gering einschätzen. Es gibt jedoch viele Einzelgeräte, bei denen jährliche Einsparungen bei den Stromkosten in der Größenordnung von ein bis zwei Euro erreicht werden können. Werden mehrere Geräte an einer Steckdosenleiste betrieben, kann der vermiedene Strombedarf auch höher anzusetzen sein wie beispielsweise bei einem kompletten Computersystem bestehend aus PC, Drucker und Bildschirm oder bei einer Stereoanlage aus Einzelgeräten.

Tabelle 4.6-1: Kostenvergleich für eine Steckerleiste (mit einem Gerät pro Leiste)

| | Steckdosenleiste (einmalig) | Strom (jährlich) |
|----------------------------------|--|-----------------------------|
| spezifische Kosten | | €0.12/kWh |
| Verlustleistung | | 0,5-4 Watt |
| Dauer | | bis 8000 h/a |
| Kosten | €5 | €0,25 bis €3,84 |
| Amortisationsdauer ⁷³ | 1,5 bis 20 Jahre | |

Die Förderung der Schaltung mittels Steckdosenleiste ist mit Sicherheit eine energetisch und in vielen Fällen auch einzelwirtschaftlich sinnvolle Lösung, wenn man vom Bestand und den marktüblichen Neugeräten ohne Netzschalter ausgeht. Von einem volkswirtschaftlichen Standpunkt aus wäre jedoch der Einbau von netztrennenden Schaltern in den Geräten zu bevorzugen, da die dabei entstehenden Kosten auf Herstellerseite geringer sind als die Kosten, die für die Endnutzer beim Kauf von Steckdosenleisten entstehen. Zwar konnten keine genauen Herstellerpreise für Netzschalter ermittelt werden, aber die Recherchen legen nahe, dass die Mehrkosten für einen Schalter je nach geschalteter Maximalleistung nicht höher als €2,50 und in den meisten Fällen eher um €1 liegen dürften.

Die Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb lässt sich im Gegensatz zum Schein-Aus-Zustand nicht pauschal als vermeidbar einstufen, da das Gerät nach der Definition in diesem Zustand noch eine Funktion erfüllt. Wenn sich die Funktion allerdings einzig und allein darauf beschränkt, mittels einer Leuchtdiode anzuzeigen, dass sich das Gerät im Stand-by-Betrieb befindet, kann dieser Zustand vergleichbar dem Schein-Aus-Zustand als überflüssig eingestuft werden. Wenn jedoch eine „höherwertige“ Funktion erfüllt wird, kann der Bereitschaftsbetrieb nicht einfach als überflüssig bewertet werden, da die Geräte eine Leistung erbringen, auf die die Nutzer gegebenenfalls zugreifen wollen. Die Unterscheidung in überflüssige und höherwertige Funktionen ist jedoch problematisch, da sich hier ein Bewertungsproblem ergibt, das sich nicht anhand wissenschaftlicher Kriterien lösen lässt. Von daher wird darauf verzichtet, eine solche Trennung durchzuführen. Das Problem kann umgangen werden, wenn man die Ausrüstung aller Geräte mit einem netzseitigen Ausschalter fordert. Damit würden auch solche Geräte erreicht, deren Schalter zwar als Stand-by-Schalter bezeichnet ist, die damit jedoch eher in einen Schein-Aus-Zustand versetzt werden.

⁷³ Die überschlägig angegebene Amortisationsdauer wurde berechnet, ohne eine Abzinsung der Zahlungen durch die vermiedenen Stromkosten vorzunehmen. Dieses Vorgehen erscheint im Bereich der privaten Haushalte zulässig, wo in der Regel keine betriebswirtschaftliche Rechnung durchgeführt wird.

Das grundsätzliche Einsparpotenzial beim Schein-Aus-Zustand liegt also beim gesamten hier verursachten Energiebedarf. Über den Prognosezeitraum bis 2010 hinweg geht der Schein-Aus-Verlust und damit auch das Einsparpotenzial um rund ein Viertel zurück (Tabelle 4.6-2). Betrachtet man die einzelnen Geräteklassen, in denen die Schein-Aus-Zustände auftreten, so lässt sich grob abschätzen, welche durch Verhaltensmaßnahmen leicht erreichbar sein dürften. Bei Fernsehern wird davon ausgegangen, dass in Zukunft der größte Teil des Bestandes permanent im Bereitschaftsbetrieb bleiben wird und gar nicht mehr ausgeschaltet wird, da mehr und mehr digitale Dienste über dieses Gerät ablaufen. Damit liegen die möglichen Einsparungen durch Vermeidung des Schein-Aus-Zustandes bei Audio-Geräten, bei Computern, Druckern, Scannern sowie bei Kopierern. Bei diesen Gruppen sind die Hindernisse bei der Nutzung von schaltbaren Steckdosenleisten als nicht allzu hoch einzuschätzen.

Tabelle 4.6-2: Einsparpotenzial bei IuK-Technologien im Schein-Aus-Zustand, Werte in GWh

| | 2001 | 2005 | 2010 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Endgeräte in Haushalten | 1850 | 1730 | 1460 |
| Infrastruktur in Haushalten | 190 | 190 | 160 |
| Endgeräte in Büros | 630 | 520 | 480 |
| Gesamt | 2670 | 2440 | 2100 |

Quelle: Eigene Berechnungen

4.6.2 Optionen und Potenziale im Bereitschaftsbetrieb

In vielen Fällen ist ein völliges Abschalten von elektronischen Geräten heute 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.

Bei IT-Geräten, insbesondere solchen, die im Betrieb auf eine Festplatte zugreifen, aber auch bei Geräten, die zum Betrieb eine Mindesttemperatur benötigen, spielt die zum Wiedererreichen des Normalbetriebszustands benötigte Zeit eine wichtige Rolle für die im Stand-by-Zustand erreichbare Energieeinsparung. Je mehr Gerätekomponenten im Bereitschaftsbetrieb ausgeschaltet werden, desto länger dauert in der Regel die Wiederanfahrphase, z. B. bis die ausgeschaltete Festplatte wieder die Betriebsdrehzahl erreicht hat. In diesen Fällen ist eine pauschale Aussage über das Potenzial der Energieeinsparungen im Bereitschaftsbetrieb kaum sinnvoll, da nicht nur Unterschiede von Geräteklasse zu Geräteklasse, sondern auch von Gerätemodell zu Gerätemodell bestehen.

Die im europäischen Energy Star vorgesehenen Leistungswerte von Computern im Bereitschaftsbetrieb sind sehr kritisch zu sehen (vgl. dazu auch Abschnitt 6.4.2). Die Höhe der nach Energy Star im Stand-by zugelassenen Leistungsaufnahme richtet sich nach der maximalen Dauerleistung des Netzteils des Geräts. Allerdings hat es sich gerade bei Computern durchgesetzt, sehr groß dimensionierte Netzteile einzubauen, um Leistungsspitzen sicher abfahren zu können und auch um Leistungsreserven für mögliche Erweiterungen durch BUS-Karten und für zusätzliche interne Laufwerke vorzuhalten. Bei Computern im Heimbereich werden Netzgeräte mit Leistungswerten von 300 bis 400 W verwendet, während die tatsächliche Leistungsaufnahme im Normalbetrieb in der Größenordnung von 55 Watt liegt. An den tatsächlichen Leistungswerten gemessen bedeuten die zulässigen Leistungsaufnahmen in dem dort als Sleep-Mode bezeichneten Bereitschaftsbetrieb von 20 bis 30 W gerade einmal eine Verminderung um die Hälfte. Positiv ist allerdings zu bewerten, dass das Energy Star-Programm explizit Geräte einbezieht, die in Netzwerke integriert sind. Da bei vernetzten Computern Power-Management-Funktionen bei der Integration in Netzwerke häufig Probleme bereiteten, wurden sie in aller Regel deaktiviert. Die Vorgabe, netzwerkcompatible Power-Management-Systeme zu entwickeln, um das Energy Star-Logo zu erhalten, wird sicherlich zu einer stärkeren Nutzung dieser Funktionen führen.

In manchen Bereichen kann auch gezielt nach technischen Lösungen gesucht werden, mit denen die Anforderungen des Bereitschaftsbetriebs effizienter erfüllt werden. So ist beispielsweise eine Hauptforderung bei Kopiergeräten die schnelle Verfügbarkeit, die bisher über das permanente Warmhalten der Einbrenntrommel gewährleistet wurde. Gremelmaier (2001) berichtet von innovativen Lösungen, wie die Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb von Kopierern gesenkt werden konnte, indem die beheizte Masse der Einbrenntrommel verringert wurde und optimierte Heizelemente eingesetzt wurden.

Wenn lediglich einfache Funktionen im Bereitschaftsbetrieb erfüllt werden- insbesondere die Stromversorgung einer internen Uhr oder die Erhaltung eines geräteinternen Speichers - sind technische Lösungen vorhanden, die eine Versorgung über das Stromnetz überflüssig machen. In PCs wird die interne Uhr über eine Batterie oder über einen Akku mit Strom versorgt, so dass die Zeitfunktion auch dann nicht verloren geht, wenn das Gerät komplett vom Netz getrennt ist. Interne Speicher können auch mit Flash-Ram-Chips ausgestattet werden, die ihren Inhalt auch ohne Stromversorgung bewahren. Diese Lösung wird bei mobilen Geräten bereits zum Teil eingesetzt.

Ohne die Berücksichtigung von Lösungen, die einen völligen Verzicht auf den Bereitschaftsbetrieb und die dabei ausgeführten Dienste bedeuten, lassen sich dennoch signifikante Einsparpotenziale identifizieren. So liegt der Strombedarf von Audiogeräten im Bereitschaftsbetrieb immer noch unverhältnismäßig hoch, und es wurde in diesem Bereich nur eine sehr geringe Abnahme des spezifischen Leistungsbedarfs angenommen, da hier kein nennenswerter autonomer Fortschritt beobachtet werden konnte und da die hier entwickelten politischen Maßnahmen nach derzeitigem Ermessen nur eine sehr geringe Wirkung entfalten werden. So ist bis heute nicht klar, welche Hersteller von Audiogeräten der im Jahr 2000 auf EU-Ebene ausgehandelten Vereinbarung zum Leerlaufverlust von Audio-Geräten beitreten werden (siehe Abschnitt 6.4.1). In anderen Bereichen, so zum Beispiel bei Fernsehern, kann bereits von einem Rückgang der durchschnittlichen spezifischen Leistungsaufnahme ausgegangen werden, so dass das Potenzial für weitere Einsparungen nur mehr geringer ist.

Zur Abschätzung des Einsparpotenzials im Bereitschaftsbetrieb wurden die durchschnittlichen Leistungswerte im Berechnungsmodell modifiziert. Je nach Geräteart wurden dabei unterschiedliche erreichbare Leistungswerte für Neugeräte angenommen. Bei Geräten mit einfachen Bereitschaftsfunktionen wurden Leistungsaufnahmen von 0,5 W angenommen; bei denen mit komplexeren Bereitschaftsfunktionen wurden entweder Best-Practice-Beispiele verwendet oder eigene Schätzungen vorgenommen. Weiterhin wurde berücksichtigt, dass innerhalb des Prognosezeitraums nicht der gesamte Bestand ausgetauscht wird, sondern in vielen Fällen nur Teile davon. Daher wurden die Leistungswerte auch in Abhängigkeit des Anteils der Neugeräte angepasst. Tabelle 4.6-3 und Tabelle 4.6-4 zeigen die auf diesen Grundlagen ermittelten Einsparpotenziale im Bereitschaftsbetrieb.

Tabelle 4.6-3: Einsparpotenziale durch Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb bei IuK-Geräten in Haushalten (GWh pro Jahr)

| Endgeräte in Haushalten | | | Infrastruktur in Haushalten | | |
|-------------------------|-------------|-------------|---|------------|------------|
| | 2005 | 2010 | | 2005 | 2010 |
| Audio-Geräte | 540 | 860 | Fernsehen | 140 | 310 |
| Fernseher | 510 | 780 | Internet-, Telefon- u. sonst. Infrastr. | 120 | 180 |
| Videorekorder | 450 | 470 | | | |
| Kameras | 10 | 10 | | | |
| Telefonie | 230 | 320 | | | |
| Rechner | 150 | 260 | | | |
| Monitore | 40 | 100 | | | |
| Drucker | 20 | 40 | | | |
| sonstige Geräte | 140 | 240 | | | |
| Summe | 2090 | 3080 | Summe | 260 | 490 |

Tabelle 4.6-4: Einsparpotenziale durch Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb bei IuK-Geräten in Büros (GWh pro Jahr)

| Endgeräte in Büros | | |
|---------------------------------------|------------|------------|
| | 2005 | 2010 |
| Telefonie | 100 | 190 |
| Rechner | 30 | 60 |
| Monitore | 20 | 50 |
| Drucker | 30 | 60 |
| Sonstige darunter insbes. Kopierer | 80 | 90 |
| Summe | 260 | 450 |

4.6.3 Optionen und Potenziale im Normalbetrieb

Während für die Einsparoptionen und –potenziale im Schein-Aus-Zustand und im Bereitschaftsbetrieb generelle Aussagen für einen großen Teil der IuK-Geräte getroffen werden können, ist solch ein Vorgehen für die Untersuchung des Normalbetriebs wenig hilfreich. Für den Normalbetrieb werden stattdessen die wichtigsten einzelnen Gerätearten betrachtet, die einen bedeutenden Energiebedarf im Normalbetrieb 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 Leistungsbedarfs pro Gerät und Jahr als Einsparpotenzial für den Bestand gewertet werden.

4.6.3.1 Audiogeräte

Obwohl sie einen nicht unbedeutenden Energiebedarf im Normalbetrieb haben, ist es bei Audiogeräten kaum möglich, Einsparoptionen im Normalbetrieb auszuweisen, da die Differenzierung nach Produkteigenschaften sehr groß ist. Damit können keine primären Ausstattungsmerkmale festgelegt werden, an denen die Hauptnutzleistung gemessen werden könnte und bei deren Übereinstimmung man den Energiebedarf von Geräten sinnvoll vergleichen könnte.

4.6.3.2 Fernseher

Ebenso wie bei Audiogeräten gibt es Fernseher mit sehr unterschiedlichen Ausstattungsmerkmalen. Die Produktvielfalt ist nicht unbedingt kleiner. Dennoch können Fernseher anhand weniger Ausstattungsmerkmale klassifiziert werden, so dass hier die Ausweisung von Einsparpotenzialen möglich ist. Wie in Kapitel 4.1.2 gezeigt, lassen sich Fernseher nach der Bilderzeugungstechnologie, der Bildschirmgröße und der Bildwiederholfrequenz einteilen. Den gewichtigsten Marktanteil und ebenso den wichtigsten Anteil am Bestand haben die Kathodenstrahl-Fernseher. Nach den Projektionen wird sich diese Dominanz der Kathodenstrahl-Bildschirme bis 2010 zwar abschwächen, mit rund 36 Mio. Geräten werden sie jedoch immer noch mehr als die Hälfte des Bestands ausmachen. Eine schnellere Substitution von Kathodenstrahl-Fernsehern durch LCD-Fernseher könnte erheblich zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen. Unter der Annahme, dass bis zum Jahr 2005 12 Mio. Geräte und bis 2010 25 Mio. Geräte mehr ausgetauscht werden, lassen sich im Jahr 2005 rund 1080 GWh und im Jahr 2010 rund 3170 GWh an elektrischer Energie einsparen. Die Preise für LCD-Fernseher liegen heute noch immer deutlich über denen mit Kathodenstrahl-Technik. In Kuhlmann (2002) werden Preise mit €750 bis €2850 angegeben für Geräte mit einer sichtbaren Diagonale von 38 bis 51 cm. Bereits für Summen an der unteren Grenze dieser Spanne sind deutlich größere Kathodenstrahl-Fernseher erhältlich. Die Technologiesubstitution wird angesichts dieser Mehrkosten in der Größenordnung mehrerer hundert Euro nicht wirtschaftlich sein.

Auch wenn Kathodenstrahl-Bildschirme weiterhin dominant bleiben, kann die Energieeffizienz gesteigert werden, da die besten Geräte in einer Klasse einen signifikanten Vorteil gegenüber dem Durchschnitt haben. Wenn der Durchschnitt der Geräte die Effizienz der heute besten erreicht, lässt sich der Energiebedarf der Fernseher im Normalbetrieb um ca. 20 % vermindern. Unter der Annahme, dass ab 2003 nur noch Geräte mit der Effizienz der marktbesten Fernseher verkauft werden und diese weniger effiziente Geräte im Bestand ersetzen, könnten im Jahr 2005 rund

600 GWh und im Jahr 2010 rund 1100 GWh an elektrischem Strom in privaten Haushalten eingespart werden.

4.6.3.3 Server

Server verursachen nach den Fernsehern den größten Energiebedarf der IuK-Technologie im Normalbetrieb, zudem wächst der Energiebedarf der Server über den Projektionszeitraum deutlich an; er steigt von knapp 4 000 GWh auf gut 8 500 GWh. Der Bedeutung des Energiebedarfs der Server zum Trotz gibt es bisher kaum konkrete Maßnahmen oder Aktivitäten, die zur Steigerung der Energieeffizienz bei diesen Geräten beitragen könnten.

In der Schweiz wurden mehrere Pilotprojekte durchgeführt, bei denen in kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) untersucht wurde, inwieweit Server über Nacht abgeschaltet werden können und welche Energieeinsparungen sich daraus ergeben (Huser 2001). Auf Basis der Überlegung, dass in KMUs Netzwerke in aller Regel nachts nicht benötigt werden und auch keine Anfragen von außen bearbeitet werden müssen, wurde in Unternehmen dieser Gruppe ein Einsparpotenzial der Stromkosten von bis zu 50 % bei den Servern ermittelt. Allerdings wurde von Experten eingewandt, dass die Netzwerkadministratoren in Unternehmen normalerweise nicht bereit sind, Maßnahmen durchzuführen, die den stabilen Betrieb von Servern und Netzwerken gefährden könnten. Nach dem Grundsatz, ein funktionierendes System nicht anzutasten, wird das tägliche Herunterfahren von Servern als mögliche Quelle von Problemen gesehen. Gegenüber der Einsparoption des nächtlichen Abschaltens von Servern bestehen somit erhebliche betriebsinterne Hemmnisse, die nur schwer zu überwinden sein dürften.

Neben dem Abschalten von Servern besteht die Möglichkeit, die auf verschiedenen kleineren Geräten gelagerten Anwendungen auf wenige Großgeräten zu konzentrieren. Die sogenannte Server-Consolidation wird auch von Herstellern als mögliche Option zur Energieeinsparung vorgeschlagen (vgl. Weeren 2002). Die Möglichkeit, Dienste, z. B. von mehreren Web-Servern, zusammenzufassen besteht allerdings nur, wenn entweder in einem Unternehmen eine größere Anzahl solcher Geräte betrieben wird, oder aber wenn kleinere Unternehmen mit einer geringen Nachfrage nach Server-Dienstleistungen bereit sind, diese aus dem Unternehmen auszulagern. Das Auslagern von Anwendungen und Dienstleistungen an sogenannte Application Service Providers war seit Mitte der 90er Jahre stark popagiert worden, konnte sich jedoch nicht nennenswert am Markt durchsetzen, da sowohl Privatpersonen, vor allem aber Unternehmen ihre Daten lieber auf Geräten im eigenen Gebäude vorhalten und bearbeiten (vgl. Friedewald et al. 2001).

Auch in Unternehmen, deren Infrastruktur so groß ist, dass sich ein Zusammenlegen von Server-Diensten auf einem Gerät lohnt, gibt es Vorbehalte, da bei einem Ausfall solcher zentraler Geräte gleich ein großer Teil der Dienste nicht mehr zur Ver-

fügung steht und sich dies möglicherweise schnell kritisch für das Unternehmen auswirkt.

Die Durchführbarkeit dieser hier vorgeschlagenen Lösungen zur Erhöhung der Energieeffizienz von Servern muss daher jeweils im Einzelfall untersucht werden, so dass pauschale Aussagen nur schwer möglich sind. Basierend auf den schweizerischen Ergebnissen mit dem Schalten von Servern lassen sich die in Tabelle 4.6-5 dargestellten Einsparpotenziale bei Servern quantifizieren.

Tabelle 4.6-5: Geschätzte Einsparpotenziale durch Schalten von Servern

| Bereich | Jahr | Server im Bereich | geschätzter Anteil der schaltbaren Server | Geschätzte spezifische Einsparung in % | Einsparung in GWh |
|---------|------|-------------------|---|--|-------------------|
| | 2005 | | | | |
| KMUs | | 147 000 | 50 % | 40 % | 46,4 |
| | 2010 | | | | |
| KMUs | | 188 000 | 40 % | 40 % | 57,9 |

4.6.3.4 Mobilfunk-Infrastruktur

Die Zunahme des Energiebedarfs der Mobilfunk-Infrastruktur wird im Wesentlichen durch den Aufbau der neuen Netze für den Mobilfunk der dritten Generation (UMTS) verursacht. In einem noch wachsenden System ist es einerseits einfach, Verbesserungen der Energieeffizienz zu erreichen, andererseits sind die dazu bereitstehenden Optionen in ihrer Wirkung eher als begrenzt einzuschätzen. Während es bei den GSM-Basisstationen noch deutliche Steigerungen der Energieeffizienz bei einem Wechsel zu neuen Baureihen gab, ist nicht klar abzusehen, ob solche Steigerungen bei den UMTS-Stationen möglich sein werden.

Grundsätzlich kann in den einzelnen Basisstationen der Energieaufwand für die Lüftung und Klimatisierung vermindert werden, wenn die Belüftungskonzepte verbessert werden. Dabei ist es von besonderer Wichtigkeit, Zufuhr und Abfuhr der Luft so zu gestalten, dass überall ungefähr die gleiche Temperatur erreicht wird. Wenn die Luft nur an einem Punkt zugeführt wird, muss eine höhere Luftmenge bereitgestellt werden, als wenn sie verteilt bei den jeweiligen Wärmequellen zum Einsatz kommt. Wenn die zulässige Raumtemperatur erhöht wird, kann ebenfalls Energie eingespart werden. Da für die Betreiber der Mobilfunknetze der sichere Betrieb wichtiger ist als eine mögliche Energieeinsparung, bestehen hier jedoch Widerstände, da man die Anlagen nicht durch möglicherweise zu hohe Temperaturen gefährden will.

Eine Verringerung der Anzahl der Basisstationen stellt eine weitere Option zur Energieeinsparung dar. Insbesondere die in den Ballungsgebieten im GSM-Netz in den letzten Jahren neu errichteten Basisstationen wurden nicht zum Schließen von Abdeckungslücken gebaut, sondern um Interferenzen zu beseitigen oder um an Punkten mit besonders hohem Sprachaufkommen zusätzliche Übertragungskapazität zu schaffen. Beide Probleme – Interferenzen und Überlast – ließen sich in vielen Fällen auch durch die Nutzung von weiteren Frequenzen lösen. Diese könnten nur durch die Bundesrepublik Deutschland zur Verfügung gestellt werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist es nicht wahrscheinlich, dass alle Inhaber von UMTS-Lizenzen die damit verbundenen Auflagen erfüllen werden. Sollten Lizenzen wieder an den Bund zurückfallen, könnte die Vergabe an die verbleibenden Lizenzinhaber dazu beitragen, dass die notwendige Anzahl an Basisstationen geringer gehalten werden kann.

4.6.3.5 Personal Computer

Während außer bei mobilen Geräten der Strombedarf bei der Gesamtauslegung von Geräten der Informationstechnologie nur wenig beachtet wurde, werden zunehmend Strategien diskutiert, die den Strombedarf bereits im Betrieb und nicht nur während der Benutzungspausen senken sollen. Eine Strategie besteht darin, die Strukturen auf den Prozessoren weiter zu verkleinern und damit die Energieaufnahme zu senken. Bisher fast nur im mobilen Bereich eingesetzt sind Prozessoren, die ihre Taktfrequenz an die geforderte Arbeitsleistung anpassen und damit einen erheblich niedrigeren Energiebedarf aufweisen. Mit Softwarelösungen sollen weitere Einsparmöglichkeiten erreicht werden. An der Northwestern University in den USA wird derzeit in einem Forschungsprogramm (Power Aware Architectural and Compilation Techniques) an Konzepten für die Computerarchitektur und an Compilern gearbeitet, mit denen die Einsparpotenziale neuer Prozessoren durch die Software voll genutzt werden können.

Die deutlich niedrigere Leistungsaufnahme von Notebooks zeigt, dass auch der Energiebedarf von PCs gesenkt werden könnte. Allerdings bleiben die mobilen Geräte bisher immer ein Stück weit hinter der Rechenleistung von stationären Geräten zurück, da die Entwicklung von Rechenprozessoren zunächst immer auf die Erhöhung der Leistung abzielt. Dem ist jedoch entgegen zu halten, dass die Leistungsfähigkeit von PCs und Notebooks inzwischen so groß ist, dass beim allergrößten Teil der Anwendungen in Haushalten und Büros die Unterschiede zwischen Notebooks und PCs nicht mehr ins Gewicht fallen.

Die Option, Prozessoren für mobile Computer einzusetzen, ist allerdings mit höheren Kosten verbunden als der Einsatz von herkömmlichen Prozessoren. Dieser Preisunterschied kann nicht exakt beziffert werden, da die üblicherweise verwendeten mobilen Prozessoren etwas geringere Leistungswerte haben als die im gleichen Zeitraum verwendeten Desktop-Prozessoren. Vergleicht man die Endver-

kaufspreise von Prozessoren, so kann grob ausgesagt werden, dass mobile Prozessoren gleicher Leistungsfähigkeit ungefähr 80 bis 100 % teurer sind als ihre stationären Gegenstücke. Da der Prozessor nur einen Teil der Gesamtkosten eines Computers ausmacht, lassen sich die Kostenverhältnisse nicht auf das gesamte System übertragen. Es wird dennoch geschätzt, dass bei den heutigen Verhältnissen die Einsparung der Stromkosten nicht die höheren Systemkosten kompensiert.

Das Einsparpotenzial bei Desktop-PCs könnte damit aus dem Unterschied der Leistungsaufnahme von Notebooks und PCs ermittelt werden. Beim so berechneten Einsparpotenzial (siehe Tabelle 4.6-6) wurde angenommen, dass in 80 % der Fälle das leicht geringere Leistungsvermögen von mobilen Geräten ausreicht, während in 20 % der Fälle weiterhin die etwas höhere Leistung von Desktop-PCs benötigt wird.

Tabelle 4.6-6: Einsparpotenzial bei Personal Computern im Normalbetrieb
(Werte in GWh)

| | 2005 | 2010 |
|-------------------|-------------|-------------|
| PCs in Haushalten | 280 | 330 |
| PCs in Büros | 380 | 290 |
| Summe | 660 | 620 |

4.6.3.6 Internet- und Telefon-Infrastruktur in Haushalten

Zum heutigen Zeitpunkt nimmt die Internet- und Telefon-Infrastruktur in Haushalten noch keinen gewichtigen Anteil am Energiebedarf der IuK-Technologie ein. Dadurch fehlen in diesem Bereich auch Ansätze zur Erhöhung der Energieeffizienz. Die Geräte zeichnen sich durch eine geringe Leistungsaufnahme und permanenten Betrieb aus. Zumindest bei einem Teil von ihnen würden die ausgeführten Dienste es mit großer Wahrscheinlichkeit zulassen, sie während der Nutzungspausen in einen Bereitschaftsmodus mit reduziertem Energieverbrauch zu versetzen, wenn die Technik darauf eingerichtet wäre. Ein Beispiel hierfür sind DSL-Router, die bisher kein Energiemanagement zulassen. Es sollte jedoch möglich sein, dass sich diese Geräte von selbst in einen Bereitschaftsbetrieb schalten, wenn über einen vordefinierten Zeitraum kein Datenverkehr auftritt. Da die Produktdifferenzierung bei Geräten wie DSL- Routern abgesehen von der Dimensionierung der Anlage eher gering ist, könnte die Fähigkeit zum intelligenten Energiemanagement als Verkaufsargument dienen. Die geschätzten Einsparungen liegen in der Größenordnung von 40 %, wenn ein DSL-Router 14 Stunden pro Tag in einen Bereitschaftszustand mit einer auf ein Drittel reduzierten Leistungsaufnahme versetzt wird. Außerdem wurde geschätzt, dass wahrscheinlich nicht mehr als zwei Drittel der Geräte so ausgestattet würden. Die auf Basis dieser Abschätzungen ermittelten Energieeinsparungen betragen rund 80 GWh im Jahr 2005 und rund 220 GWh im Jahr 2010.

4.6.3.7 Sonstige Geräte in Büros

In dieser Kategorie bewirken die Kopierer über 90 % des Energiebedarfs. Abgesehen von den Maßnahmen zur Verminderung der Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb (Gremmelmaier 2001) wurden keine Hinweise auf weitere Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz gefunden. Möglicherweise könnte der Energiebedarf beim Einbrennen des Toners vermindert werden, wenn der Einbrennprozess beschleunigt wird, und damit nur noch die Oberfläche des Papiers (bzw. eines anderen Mediums) erwärmt wird und nicht mehr das Papier in seiner gesamten Dicke. In wie weit diese Überlegung sich technisch tatsächlich umsetzen lässt und wie hoch das erreichbare Einsparpotenzial sein könnte, ließ sich nicht klären.

4.6.3.8 Monitore

Die am einfachsten zu realisierende Einsparoption beim Energiebedarf von Monitoren im Normalbetrieb ergibt sich aus der Substitution von Kathodenstrahl-Bildschirmen durch LCD-Bildschirme. Wenn bis 2010 eine vollständige Substitution erreicht würde, könnten damit im Bereich der Haushalte etwa 410 GWh und im Bereich der Büros etwa 550 GWh eingespart werden. Eine so schnelle und vollständige Substitution würde allerdings voraussetzen, dass sich die Preise für LCD-Bildschirme in den kommenden zwei bis drei Jahren den Preisen für Kathodenstrahl-Bildschirmen ein gutes Stück weiter annähern. Bei vergleichbarer sichtbarer Bildschirmgröße sind LCD-Bildschirme heute noch mehr als doppelt so teuer wie CRT-Bildschirme.

4.7 Weitergehende Auswirkungen von IuK-Anwendungen auf den Energiebedarf

Neben der bisher in Kapitel 3 und 4 analysierten Entwicklung des Energiebedarfs von IuK-Geräten bzw. -Infrastruktur und seiner Komponenten 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 möglichen Effekte werden im Folgenden beispielhaft für die Bereiche

- Substitution von IuK-Anwendungen,
- Vernetztes Haus,
- Telearbeit und
- E-Commerce

untersucht. Die Analyse erfolgt dabei teils auf quantitativer, teils auf qualitativer Ebene.

4.7.1 Substitution von IuK-Anwendungen am Beispiel des Faxgerätes

Die Innovationsdynamik ist im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik besonders stark. Der technische Fortschritt macht existierende Geräte und Anwendungen leistungsfähiger und billiger und bringt Produktinnovationen auf den Markt, die in Konkurrenz zu existierenden Geräten stehen. Gleichzeitig profitieren existierende IuK-Technologien insbesondere bei einer großen installierten Basis von Netzwerkeffekten, die konkurrierende Technologien noch nicht aufweisen. Auf diese Weise beeinflusst eine Vielzahl von Faktoren die Substitution von IuK-Geräten und –Anwendungen. Diese werden im Folgenden exemplarisch für das Faxgerät skizziert (vgl. Kolo et al. 2000). Die hier qualitativ beschriebenen Effekte wurden für die Prognose des Gerätebestandes (Kapitel 3) auch quantitativ abgeschätzt und sind deshalb implizit in den prognostizierten Bestandzahlen bis 2010 berücksichtigt. Dies gilt in gleicher Weise auch für andere IuK-Endgeräte, bei denen die Substitutionsprozesse nach ähnlichen Mechanismen ablaufen, hier jedoch nicht im Detail diskutiert werden.

Das Fax ist seit Mitte der achtziger Jahre zu einem unverzichtbaren Medium für die geschäftliche und private Kommunikation geworden. Einfache Benutzung und internationale Kompatibilität haben dazu beigetragen, dass das Fax für die Übermittlung von Papiervorlagen weltweite Akzeptanz gefunden hat. Insbesondere ist die Möglichkeit der handschriftlichen Anmerkung ein wichtiger Aspekt, der Lese-, Korrektur- und Kommunikationsgewohnheiten entgegen kommt. Auch in den kommenden Jahren wird das Arbeiten mit Papier nicht bedeutungslos werden und sich die Nutzer nicht daran gewöhnen, nur vom Display zu lesen.

Das Fax ist ein technisch reifes Gerät, bei dem radikale Neuerungen in der Zukunft nicht zu erwarten sind. Manche Studien prophezeien sogar das baldige Verschwinden des „klassischen“ Fax als unmittelbares Dokumententransfersystem (Papier zu Papier) bzw. Fernkopierer. Anlass für solche Prognosen ist die Konvergenz der Übertragungsverfahren mit einer Zunahme IP-basierter Kommunikationsdienste (auch im Bereich der klassischen Telekommunikation), die Konvergenz der Netze, die eine Nutzung ähnlicher Dienste über eine Vielzahl von Fest- und Funknetzen ermöglicht und schließlich die Konvergenz der Endgeräte, die zur Folge hat, dass neue Generationen von Endgeräten die Funktion von bislang getrennten Endgeräten besitzt (z. B. Multifunktionsgeräte mit Drucker-, Scanner-, Kopierer- und Faxfunktion).

Insbesondere Internet-Dienste haben eine grundsätzlich substituierende Wirkung auf die Entwicklung des Fax. Allerdings wird der Kommunikationsmix weiterhin

wichtig bleiben. So wird E-Mail (oder vergleichbare Online-Dienste) erst langfristig zur Substitution von Fax führen, und der Übergang wird graduell geschehen.

In *Haushalten* hängen Substitutionseffekte in erster Linie von der PC-Affinität bzw. -Ausstattung ab und der installierten Basis für E-Mail-Systeme, also der Verbreitung der Online-Nutzung. Faxversand und -empfang über den heimischen PC und Modem wird häufig als eine Bedrohung für konventionelle Faxgeräte wahrgenommen, insbesondere weil Haushalte ein Modem vorwiegend für die Internet-Nutzung anschaffen und die Faxsoftware häufig kostenlos mitgeliefert bekommen. Nach Einschätzung von Experten werden solche Lösungen aber vor allem von technikaffinen Personen genutzt, die die oftmals komplizierte Installation beherrschen. Genutzt wird die Kombination PC/Modem in der Regel von Nutzern, die nur wenige Faxe versenden, die am PC selbst erstellt werden. Obwohl ein PC-Fax in Kombination mit einem Scanner ein vollwertiger Ersatz für ein Faxgerät ist, wird eine solche Kombination wegen der umständlichen Bedienung kaum genutzt. Das Empfangen von Faxen über den PC wird von den meisten Benutzern nur selten praktiziert, da der Rechner zu diesem Zweck dauernd eingeschaltet sein muss. Modems mit zusätzlichem Speicher, bei denen auch ein Empfang bei ausgeschaltetem Rechner möglich ist, sind zwar auf dem Markt, werden aber nur wenig nachgefragt.

Bei technisch anspruchsvollen Haushalten besteht schon heute eine Tendenz, E-Mail zu nutzen und Dokumente im Anhang zu übersenden. Bei einer anstehenden Ersetzung von Altgeräten kann die E-Mail-Affinität zu einer vollständigen Substitution im Haushalt führen, indem der bisherige Nutzer ganz aussteigt und auf eine Wiederbeschaffung verzichtet. Faxgeräte werden in privaten Haushalten nur sporadisch genutzt. So lange keine starken Kaufanreize vorliegen, werden Faxgeräte in Haushalten über die ganze technische Lebensdauer von mehr als sechs Jahren hinweg betrieben. Personen, die keinen Bedarf an Dokumentenübertragung haben, können auch durch zusätzliche Funktionen nicht als Kunden gewonnen werden. Ansonsten sind für die Kaufentscheidung der Preis und die einfache Bedienung entscheidend.

Der überwiegende Teil der *Kleinstunternehmen* (weniger als 10 Mitarbeiter) sind mit einem Faxgerät ausgestattet, u. a. um den Kundenkontakt zu halten, auch wenn die Nutzungsintensität durch die alternative Nutzung von Internetdiensten deutlich abnehmen wird. Es ist nicht zu erwarten, dass sich der Ausstattungsgrad in den nächsten Jahren nennenswert verändert. Vor dem Ablauf der durchschnittlichen Lebensdauer, die bei diesen Unternehmen etwa vier Jahre beträgt, wird nur dann ein neues Gerät angeschafft, wenn zusätzliche Eigenschaften wie schnellere Übertragung oder ein größerer Speicher benötigt werden. Wegen des höheren Bedürfnisses nach mehreren Office-Funktionen sind die Kleinunternehmen auch die wichtigste Gruppe beim Umstieg auf Multifunktionsgeräte.

In allen anderen *Unternehmen* (mit mehr als neun Mitarbeitern) werden sich Substitutionseffekte zunächst in der reduzierten Nutzung vorhandener Faxgeräte niederschlagen. Eine vollständige Abschaffung von Faxgeräten ist auch hier mittelfristig nicht wahrscheinlich. Bei diesen Unternehmen geht der Trend in Richtung Integration verschiedener Kommunikationsformen. Bei den Übertragungsformen heißt dies IP-basierte Kommunikation. Der Übergang zu Fax over IP wird sich in Unternehmen allerdings nicht vollziehen, bevor Voice over IP zu einer qualitativ akzeptablen Lösung wird, da beide Anwendungen nur gleichzeitig eingeführt werden.

Schließlich ist erkennbar, dass sich das Faxgerät in seiner traditionellen Form vor allem auf der Senderseite, bei Kleinstunternehmen und privaten Haushalten behaupten wird. Auf der Empfangsseite wird es insbesondere bei Unternehmen zu einer weitgehenden Integration bislang getrennter Tk-Endgeräte kommen. Es werden zunehmend Kommunikationsserver installiert, über die jegliche Form der im Unternehmen anfallenden Informationsströme – darunter auch Faxe – verwaltet werden kann.

Insgesamt ist festzuhalten, dass faxähnliche Dienste als Service-Leistung so lange verfügbar sein werden, wie Information auf Papier archiviert oder weitergegeben wird. Das Fax bleibt in den nächsten Jahren auch für die Kommunikation insbesondere im internationalen Geschäftsverkehr unerlässlich.

4.7.2 Vernetztes Haus

Die mögliche zusätzliche Energieeinsparungen durch die Vernetzung aller Geräte werden in der Schweiz als relativ klein eingeschätzt, da eine intelligente Kontrolle und Steuerung der Haustechnik größtenteils auch ohne Vernetzung der einzelnen Regelsysteme möglich ist und dort insbesondere bei der Heizung bereits weitgehend realisiert ist (Aebischer/Huser 2000). Bei der Steuerung des Lichtes wird durch die Vernetzung dort eher mit einem erhöhten Energiebedarf gerechnet, da durch die Möglichkeit der Erzeugung von eigentlichen Lichtwelten das Bedürfnis nach mehr Lichtquellen entsteht.

Für Deutschland wird ein etwas anderes Bild gezeichnet. Kleemann et al. (2001) beschreiben die Komponenten einer modernen computergesteuerten Regelungsanlage für Heizungssysteme, die unter anderem folgende Funktionen erfüllen muss:

- Sensoren, um auf An- und Abwesenheit des Nutzers zu reagieren,
- Regelung der Lüftung über Fensterkontakte,
- Display für eine nachvollziehbare Kontrolle von Energieverbrauch und Energiekosten.

Diese Elemente einer Heizungsregelung sind in Deutschland zum heutigen Zeitpunkt noch weit davon entfernt, Stand der Technik zu sein. Zwar werden zentrale Regelsysteme bereits von verschiedenen Herstellern angeboten, über die die einzelnen Wärmekörper in einer Wohnung nach Programmen geregelt werden können. Das Zusammenspiel mit einer ausgefeilten Sensorik findet jedoch noch nicht statt. Gerade dies ist jedoch ein Kernelement der Hausvernetzung.

Zur Bewertung, welche möglichen Einsparungen der Hausvernetzung zurechenbar sein werden, ist eine Abschätzung notwendig, welche Einsparungen auch ohne die Vernetzung realisiert werden. Auch in Zukunft ist in diesem Zusammenhang davon auszugehen, dass nur ein kleiner Teil der Gebäude mit einer optimierten Regelung ausgestattet werden wird, während die übergroße Mehrheit weiterhin mit einer einfachen Regelung ausgestattet sein dürfte, die sich im Wesentlichen auf festgelegte Temperaturabsenkungen insbesondere während der Nacht beschränkt. Daher wird angenommen, dass sich ein wesentlicher Teil der mit einer optimaleren Regelung erschließbaren Energieeinsparung der Hausvernetzung zuzurechnen ist.

Kleemann et al. (2001) geben an, dass sich mit einer automatisierten Raumtemperaturregelung Einsparungen von 20 bis 30 kWh/m² bei Einzelgebäuden erreichen lassen. 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, wobei einschränkend bemerkt wird, dass bei Einfamilienhäusern eher der untere Wert realistisch sei.

Zur Bewertung der möglichen Energieeinsparung wurde der vermiedene Heizenergiebedarf in Wohngebäuden mit dem erhöhten Energiebedarf durch die Vernetzung verglichen. Angelehnt an die Tendenz, dass vor allem Eigentümer in die Hausvernetzung investieren, wurde angenommen, dass im Jahr 2010 5 % der Wohnungen in Gebäuden mit bis zu zwei Wohnungen vernetzt sind, da hier der Anteil an Wohneigentum höher ist. Für Gebäude mit mehr als zwei Wohnungen wurde angenommen, dass lediglich 2 % der Wohnungen vernetzt sind. Basierend auf diesen Bestandszahlen 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 ist damit nicht sehr ausgeprägt, wenn man die großen Unsicherheiten berücksichtigt, die den Prognosen anhaften. Einerseits wurden die Einsparungen durch die Vernetzung mit 8 bis 15 kWh/m² sehr konservativ angenommen, andererseits ist über die Ausgestaltung von Systemen zur Hausvernetzung noch sehr wenig bekannt, so dass der Energiebedarf auch merklich höher liegen könnte als heute

anzunehmen ist. Die Auswirkungen von integrierten Steuer- und Regelsystemen auf den Energiebedarf werden derzeit in Modellvorhaben untersucht, zu denen jedoch noch keine Ergebnisse vorliegen.⁷⁴

Die Hausvernetzung wird nach heutigem Wissensstand wahrscheinlich kein Treiber zur Erhöhung der Energieeffizienz sein. Die möglichen 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.

4.7.3 Telearbeit

Entwicklung

Durch den zunehmenden Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken vollzieht sich in der Arbeitswelt ein tief greifender Wandel. Ein Merkmal dieser Entwicklung ist das Entstehen neuer Arbeitsformen, die größere Spielräume für eine flexible individuelle Gestaltung der Arbeit bieten und räumliche und zeitliche Entkopplungen der Arbeitsaufgaben ermöglichen. Generell unterliegen die neuen Arbeitsformen einer geringeren räumlichen Beschränkung. Diese standortunabhängige Form der Arbeit wird im Allgemeinen als Telearbeit bezeichnet. Bei der Telearbeit sind unterschiedliche Gestaltungsformen möglich. Neben der ausschließlichen oder alternierenden Telearbeit zu Hause, sind auch Tätigkeiten in wohnortnahen Satelliten- oder Nachbarschaftsbüros denkbar. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von kostengünstigen mobilen Endgeräten könnte sich ein Trend in Richtung mobiler Telearbeit verstärken. Insgesamt wird deren Sättigungsgrenze gleichwohl auf ein erheblich niedrigeres Niveau geschätzt als bei der häuslichen Telearbeit (Gareis 2000). Der folgende Abschnitt konzentriert sich auf die Telearbeitsformen von zu Hause.

Das European Information Technology Observatory (EITO 1995) definiert Telearbeiter in Eingrenzung von Arbeitern in home offices folgendermaßen:

- Personen, die in einem *home office* arbeiten, sind entweder Selbständige oder Angestellte. Sie arbeiten ein bis fünf mal in der Woche während der normalen Geschäftszeiten zu Hause. Ausgeschlossen sind Haushalte, in denen jemand nur gelegentlich zu Hause arbeitet oder Tätigkeiten seiner Dienststelle zu Hause abschließt.
- *Telearbeiter* sind Arbeitnehmer oder Selbständige, die ein bis fünf mal in der Woche während der üblichen Geschäftszeiten zu Hause arbeiten. Sie verfügen

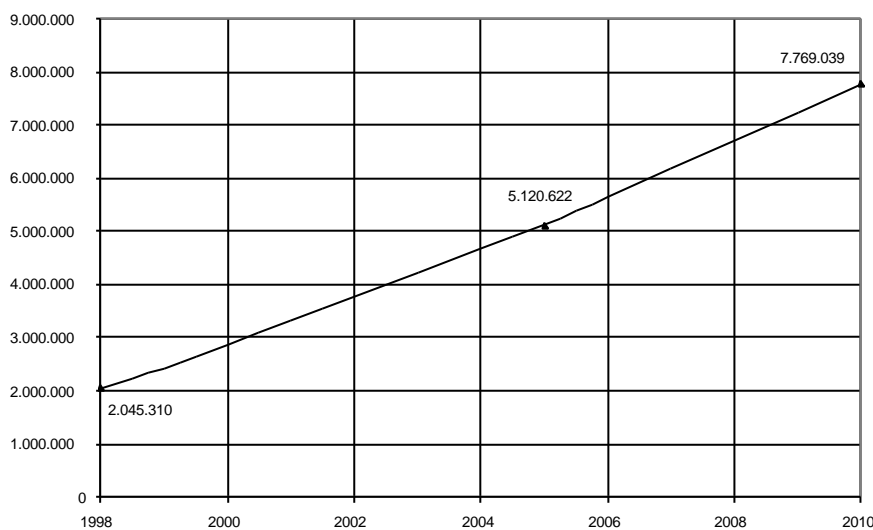
⁷⁴ vgl. z. B. Emmerich et al. (2002), die die Auswirkungen moderner Informations- und Regelungstechnik und der Beeinflussung des Nutzerverhaltens untersuchen.

über eine Endgeräteausstattung zur Unterstützung der elektronischen Übermittlung von arbeitsbezogenen Daten (Fax, E-Mail, etc.). Auch Empirica (Gareis/Kordey 2000) spricht von Telearbeit, wenn mindestens ein Arbeitstag pro Woche in häuslicher Umgebung gearbeitet wird.

Legt man diese Definition zu Grunde, so gab es in Deutschland 1998 ca. 3,6 Mio. home offices (EITO) und ca. 2 Mio. Telearbeiter (Empirica). Die Anzahl der home offices ist also um einen Faktor 1,75 höher als die der Telearbeits-Haushalte⁷⁵. Heute betreibt ein Anteil von etwa 8 % aller Erwerbstätigen, also insgesamt 3,3 Mio. Personen, Telearbeit.

Empirica geht in seinen Projektionen davon aus, dass Telearbeitsverhältnisse in der Zukunft weiter zunehmen werden. Für 2005 geht man von einem Anteil von 12,6 % aus. Das weitere Wachstum wird demnach erst nach 2010 Sättigungserscheinungen zeigen. Man kann davon ausgehen, dass bis 2010 etwa 19 % aller Beschäftigten, d. h. knapp 7,8 Mio. Personen, Telearbeiter sind (Abbildung 4.7-1).

Abbildung 4.7-1: Entwicklung der Zahl der Telearbeiter bis 2010

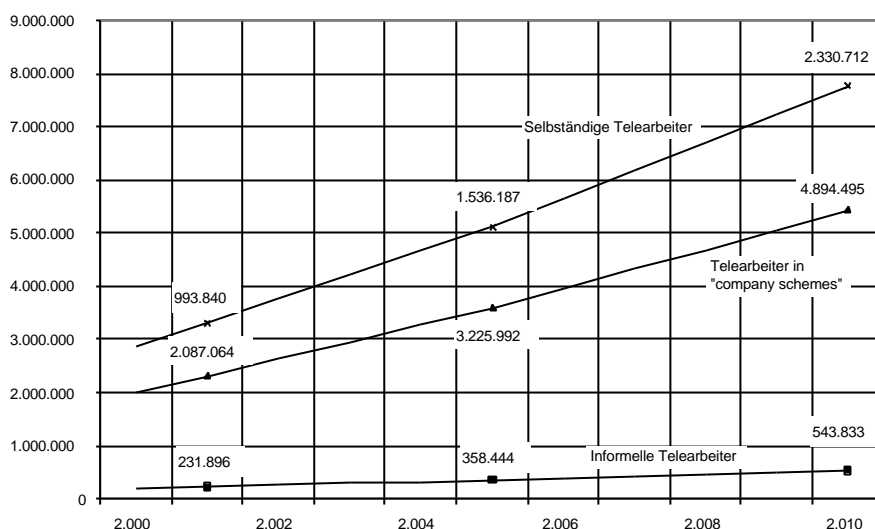


Quelle: EITO, Empirica (Gareis/Kordey 2000), eigene Berechnungen

Bei der Telearbeit sind vor allem drei Formen zu unterscheiden: die Telearbeit in „company schemes“, die Telearbeit von Selbständigen sowie die informelle Telearbeit. In Abbildung 4.7-2 ist die jeweilige Entwicklung dargestellt.

⁷⁵ Bei der in den nächsten acht Jahren erreichten Verbreitung der Telearbeit lassen sich Quoten für Telearbeiter mit vernachlässigbarem Fehler direkt auf solche für Telearbeits-Haushalte umrechnen.

Abbildung 4.7-2: Formen der Telearbeit



Quelle: EITO, Empirica (Gareis/Kordey 2000), eigene Berechnungen

Die Mehrheit der Telearbeiter arbeiten gemäß einer expliziten Regelung mit dem Arbeitgeber zu Hause, sind also so genannte Telearbeiter in „company schemes“ (im Zeitraum bis 2010 ca. 63 %), bei denen das Telearbeitsverhältnis explizit zwischen Arbeitnehmer und Arbeitgeber geregelt ist. Bei diesen Arbeitsverhältnissen werden die für die Telearbeit benötigten Informations- und Kommunikationsendgeräte meist vom Arbeitgeber gestellt. In weiteren 30 % der Telearbeits-Haushalte wird Telearbeit von Selbständigen betrieben. Die restlichen 7 % sind informelle Telearbeiter, deren Tätigkeit von der gelegentlichen Mitnahme von Akten für abendliches Nacharbeiten bis zu einzelnen häuslichen Arbeitstagen in Absprache mit dem Vorgesetzten reicht. Für diese Form der Telearbeit wird meist der private PC oder das geschäftliche Notebook genutzt.

Auswirkungen auf den Energiebedarf

Bei den durch die Zunahme der Telearbeit zu erwartenden Auswirkungen auf den Energiebedarf ist zu unterscheiden zwischen den direkten Auswirkungen auf IuK-Anwendungen (Bestand und Nutzungsdauer) sowie den indirekten Auswirkungen auf andere energieverbrauchsrelevante Bereiche wie Raumwärme, Warmwasser, Beleuchtung, Kochen sowie Verkehrsleistungen. Tangiert sind die Sektoren Private Haushalte, Büros (in den Sektoren GHD und Industrie) sowie Verkehr. Dabei werden die Auswirkungen zum Teil gegenläufig sein, d. h. Einsparungen in einen Sektor steht ein Mehrverbrauch in einem anderen Sektor gegenüber (Tabelle 4.7-1).

Tabelle 4.7-1: Direkte und indirekte Auswirkungen der erwarteten Zunahme der Telearbeit auf den Energiebedarf nach Sektoren

| | Sektor | | |
|-------------------------------|-------------------|-------|---------|
| | Private Haushalte | Büros | Verkehr |
| Direkte Auswirkungen | | | |
| Bestand an IuK-Geräten | → | → | |
| Nutzungsdauer der IuK-Geräte | - | - | |
| Indirekte Auswirkungen | | | |
| Beleuchtung | - | ↘ | |
| Raumwärme | ↗ | ↘ | |
| Warmwasser | - | ↘ | |
| Kochen | - | ↘ | |
| Verkehrsleistung | | | - |
| Summe | - | - | - |

Auf den reinen *Bestand an IuK-Geräten* dürfte der Anstieg der Telearbeit keine größeren Auswirkungen haben. Telearbeitern in „company schemes“ werden die benötigten Geräte i.d.R. gestellt, sind also grundsätzlich dem Gerätebestand der Büros zuzuordnen und wurden im Rahmen dieser Studie dort auch erfasst. Das gleiche gilt für die von den selbstständigen Telearbeitern genutzten Geräte. Bei beiden Gruppen von Telearbeitern ist es auch wenig wahrscheinlich, dass die Neigung zur privaten Anschaffung eines Personal Computer abnimmt. Dies hat seinen Grund darin, dass die private Nutzung des PC (insbesondere durch im Haushalt lebende Kinder) mit der geschäftlichen Nutzung zeitlich, rechtlich und technisch im Widerspruch steht.⁷⁶ Man kann daher annehmen, dass privat und geschäftlich genutzte PCs in solchen Haushalten *parallel* vorhanden sind. Bei der relativ kleinen Gruppe der informellen Telearbeiter wiederum scheint es wenig wahrscheinlich, dass sie sich allein für diese Zwecke einen Computer oder ein anderes IuK-Endgerät anschaffen; sie werden im Regelfall ihren privaten PC oder ihr geschäftliches Notebook benutzen.

Deutliche Auswirkungen hat Telearbeit allerdings auf die *Nutzungszeit* der verwendeten Geräte. Allerdings ist hier überwiegend von einer Verlagerung der Nutzung im Büro in den privaten Haushalt auszugehen, so dass der Nettoeffekt auf den Energieverbrauch nur gering ausfallen dürfte (Tabelle 4.7-1).

⁷⁶ Zeitlich: Sowohl Telearbeiter als auch im Haushalt lebende Kinder nutzen den PC tagsüber. Rechtlich: Arbeitgeber untersagen vielfach ihren Mitarbeitern die private Nutzung des PCs, vor allem aber die Installation von privater, häufig illegal kopierter Software. Technisch: PCs für Büroaufgaben sind für typische private Anwendungen, insbesondere Computerspiele häufig nicht leistungsfähig genug.

Bei den indirekten Auswirkungen des Energieverbrauchs auf Beleuchtung, Raumwärme, Warmwasser und Kochen kommt es ebenfalls überwiegend zu einer Verlagerung des anfallenden Energiebedarfs vom Büro- in den Haushaltsbereich. Im Betrieb führt die Telearbeit je nach Ausgestaltung zu einer Reduktion der Präsenzzeit der Arbeitnehmer, ggf. kombiniert mit einer partiellen oder vollständigen Reduktion des Arbeitsplatzes und des dabei anfallenden Energieverbrauchs für Beheizung, Beleuchtung, in begrenztem Umfang auch Warmwasser die Mahlzeiten in Kantine oder Restaurant (Aebischer/Huser 2000). Dem steht jedoch ein Anstieg des mit dem häuslichen Arbeitsplatz verbundenen Energieverbrauchs für Beleuchtung, Warmwasser und Bereitung der Mahlzeiten gegenüber. Auch von einem, allerdings begrenzten Anstieg des Raumwärmeverbrauchs ist auszugehen (z. B. durch Verzicht auf das Herunterdrehen der Heizung während der beruflichen Abwesenheit), wobei die Abwärme der Arbeitsplatzgeräte und der Beleuchtung ebenfalls zur höheren Raumtemperatur im Arbeitszimmer beitragen und diesen Effekt begrenzen (Aebischer/Huser 2000).

Während die bisher genannten Auswirkungen in erster Linie zu einer Verlagerung des direkten und indirekten Energieverbrauchs vom Büro in den privaten Haushalt führen und der Nettoeffekt sehr begrenzt ist (Tabelle 4.7-1), dürfte nach bisher vorliegenden Studien (für Deutschland insbesondere Vogt et al. 2001) Telearbeit deutlich messbare Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten und damit auch auf den dadurch bedingten Energieverbrauch haben. Nach den Ergebnissen der Studie von Vogt et al. (2001), in der das Verkehrsverhalten von 80 Telearbeitern in Deutschland in einer Vorher-Nachher-Untersuchung detailliert analysiert wurde, arbeiteten die in der Studie berücksichtigten Telearbeiter im Mittel 2,4 Tage zu Hause, davon waren aber nur 1,6 Tage reine Telearbeitstage, d. h. ohne Weg zum betrieblichen Arbeitsplatz. Insgesamt reduzierten die Telearbeiter dadurch ihre täglichen Wege um 16 %, ihre tägliche Verkehrsleistung ging dabei im Mittel um 25 % zurück. Mittelfristig könnte dieser Effekt allerdings dadurch vermindert werden, dass Telearbeiter bereit sind, für die noch verbleibenden Wege zum Arbeitsplatz längere Pendelfahrten in Kauf zu nehmen, d. h. weniger schnell einen Wohnortwechsel in die Nähe des Arbeitsplatzes vorzunehmen.

4.7.4 E-Commerce

Entwicklung

Eine vollständige elektronische Abwicklung des Geschäftsprozesses ist nur bei wenigen, voll digitalen Gütern möglich (z. B. Software, Audio, Video). Ein Großteil der E-Commerce-Geschäfte erfolgt jedoch mit physischen Gütern. Das heißt, die Produktinformation, Bestellung und Zahlungsanweisung erfolgt elektronisch, die Auslieferung des Gutes findet nach wie vor klassisch über Post-/Güterverkehrswege statt (z. B. Online-Buchhandel, Textilversand). Güter mit geringen Transaktions-

kosten und Güter, für die bereits vor der Online-Nutzung ein funktionierendes Ver-sandsystem aufgebaut wurde (z. B. Software, Bücher, Blumen) eignen sich daher besser für E-Commerce als Güter, bei denen z. B. ein vorheriger physischer Kontakt erwünscht ist wie bei Bekleidung. Wenn daher E-Commerce mehr als nur ein öko-nomisches Nischenphänomen sein soll, muss eine Definition auch eine nur teilweise elektronische Abwicklung von Geschäftsprozessphasen beinhalten (Riehm/Orwat 2001). Somit umfasst E-Commerce alle Transaktionen eines Marktes, durch die der Austausch von wirtschaftlichen Gütern (Produkte, Dienstleistungen und Anrechte) begründet wird und die Bestellung elektronisch erfolgt. Diese Definition berück-sichtigt, dass die Nutzung des Internets zur Information über Produkte, auch wenn anschließen auf konventionelle Weise „offline“ gekauft wird, auch schon einen ver-kaufsfördernden Nutzen bringt.

Der Grad der technologischen Entwicklung ebenso wie die Zugangsmöglichkeit für potentielle Marktteilnehmer ist Voraussetzung für eine funktionierende Infrastruk-tur. Die Entwicklung der Infrastruktur und ihrer Kosten hängt von diversen Fakto-ren ab. Dazu gehören u. a. die Telekommunikationskosten im internationalen Ver-gleich, die institutionelle Einbettung und Regulierung sowie die Dichte und Qualität der traditionellen Handelsinfrastruktur als komparative Vorteile.

Die Entwicklung des E-Commerce profitiert von Netzwerkeffekten (positive Netz-werkexternalitäten, z. B. durch Zuwachs des individuellen Nutzens mit der Gesamt-zahl der Anwender) und der (Weiter-)Entwicklung von Organisationsstrukturen (z. B. Innovationsallianzen, Verbundprojekte, Netzwerke).

Bislang haben sich die hohen Erwartungen in die kommerzielle Nutzung des Inter-net noch nicht erfüllt. Nicht alle Internetuser kaufen im Internet auch ein (Schenk und Wolf 2000). So nutzen zurzeit über 27 Mio. Deutsche das Internet, während nur 13 Mio. im Jahr 2001 etwas über das Internet bestellt, gekauft oder gebucht haben (@facts 01/2002). Damit hat sich die Anzahl der Online-Shopper innerhalb eines Jahres zwar verdoppelt, der Anteil des privaten E-Commerce am europäischen Ge-samteinzelhandel liegt allerdings bei lediglich 0,125%. Mit einem Anteil von 28 % aller E-Commerce-Umsätze hat Deutschland die führende Position in Westeuropa ist (Infratest Burke 2001).

Die beliebtesten über das Internet verkauften Produkte sind Bücher, PC-Teile, Ti-ckets, Bekleidung, Musik und Filme. Als relevante Zielgruppen für E-Commerce mit Endkunden in privaten Haushalten gelten zum einen die Personen mit der größten Internet-Erfahrung, also die Nutzer, die bereits heute zu den häufigsten Nutzern gehören. Diese sind zurzeit noch eher männlich und zwischen 14 und 29 Jahre alt (Schenk/Wolf 2001). Zudem haben die Personen mit E-Commerce-Erfahrung einen eher hohen Bildungsabschluss und sind Selbständige, Beamte und Angestellte. Diverse Studien zeigen jedoch, dass sowohl Frauen als auch die über 50-jährigen Nutzer stark aufholen und somit ebenfalls in Zukunft verstärkt als Ziel-

gruppe für E-Commerce in Frage kommen (vgl. Zoche et al. 2002). Letztere Zielgruppe wird besonders anvisiert, da sie eine hohe Kaufkraft aufweist.

Dennoch waren 2001 über 61 % der Deutschen keine Nutzer des Internet, obwohl immerhin 40 % von ihnen einen PC besitzen. 68 % von ihnen beabsichtigen auch in naher Zukunft nicht, sich einen Internetzugang zuzulegen. Als Gründe der Nicht-Nutzung werden am häufigsten Zufriedenheit mit dem herkömmlichen Informations- und Unterhaltungsangebot, zu hohe Kosten, sowie bei älteren Bürgern die Angst vor der Technik genannt (Grajczyk/Mende 2001). Auch die Studie @facts (2001) der MediaGruppe Digital und Forsa identifizierte für das Jahr 2000 in ihrer Umfrage rund 28 Mio. Personen (43 %), die das Internet „auf keinen Fall nutzen“ wollen. Diese Gruppe ist charakterisiert als meist älter, vorwiegend weiblich, seltener berufstätig mit unterdurchschnittlichem Nettoverdienst. Fast die Hälfte dieser „Verweigerer“ sind Rentner.

Die geschilderten Befunde lassen den Schluss zu, dass die Möglichkeit des E-Commerce überzeugte Offliner nicht zur Anschaffung eines Computers und eines Internet-Zugangs veranlasst.

Es liegen bisher nur erste Studien über die Auswirkungen von E-Commerce auf das Verkehrsaufkommen vor (z. B. Glaser et al. 2001), für die Herstellung eindeutiger Kausalitäten fehlt bisher noch eine ausreichende Datenbasis. Erste empirische Studien belegen aber, dass eher Verschiebungen und Verlagerungen von Wegehäufigkeiten möglich sind, dass sich aber kaum echte Einsparungen hinsichtlich der Wegelängen ergeben (Infas 2001; Oppermann et al. 2001).

Vor allem führt E-Commerce zu Veränderungen bei den Handelsstufen und zu einer Disintermediation von Geschäftsprozessen, also der Schwächung klassischer Absatzmittler durch einen direkteren Kontakt von Herstellern und Kunden. Durch das Bestellverhalten werden Güterströme fragmentiert, dem kann aber durch logistische Bündelung neu (und evtl. sogar effizienter) entgegengewirkt werden (BMV et al. 2001).

Rein elektronische Produkte bzw. Dienstleistungen werden unmittelbar über das Internet zugestellt, hier ist der Energieverbrauch deutlich niedriger als bei traditionellen Lieferwegen. Die meisten über das Internet bezogene Produkte werden allerdings über die Post und Kurierdienste zugestellt. Im Vergleich zur individuellen Einkaufsfahrt ist der Energieverbrauch für solche Lieferungen eher geringer. In Ausnahmefällen (individuelle Lieferung, Expresslieferung) kann der Energieverbrauch aber auch größer sein (Aebischer/Huser 2000). Modellrechnungen für den Großraum Seoul haben bei den privaten Einkaufsfahrten ein Einsparpotenzial von 8-10 % durch E-Commerce ergeben (Zumkeller 2002). Dabei ist zu berücksichtigen,

sichtigen, dass der Anteil der Einkaufsarten eher gering ist und davon wiederum auch nur ein Teil mit dem eigenen Pkw zurückgelegt wird⁷⁷.

Auch langfristig werden nicht alle Produkte über das Internet vertrieben werden können. Dies trifft insbesondere für den wichtigen Bereich der Lebensmitteleinkäufe zu. Nur ein geringer Teil der Bevölkerung ist nach ersten empirischen Untersuchungen bereit, solche Angebote wahrzunehmen. Nach Schätzungen des Marktforschungsunternehmens Fittkau und Maas werden bis 2010 maximal 4 % des Lebensmittelhandels über das Internet abgewickelt (www.fittkaumaass.de).

Für einige ausgewählte Bereiche des E-Commerce wurden die verkehrlichen Wirkungen von Zoche et al. (2002) genauer untersucht. Durch Online-Banking können demnach bei 9,9 Mio. Internetnutzern⁷⁸ monatlich 10,4 Mio. Wegekilometer eingespart werden. Neben diesen Einsparpotenzialen hat die gleiche Studie gezeigt, dass durch elektronische Medien auch eine Zunahme von Mobilität hervorgerufen wird. Durch Chat werden z. B. soziale Kontakte über teilweise große Entfernungen geknüpft, die Besuchsverkehre auslösen. Reisebuchung im Internet führt tendenziell zu mehr Reisen, vor allem bei Vielnutzern.

Auswirkungen auf den Energiebedarf

Wie bei der Telearbeit ist auch beim E-Commerce zwischen den direkten Auswirkungen auf den Energiebedarf im IuK-Bereich und indirekten Auswirkungen auf andere Verbrauchsbereiche zu differenzieren. Die direkten Auswirkungen sind zunächst davon abhängig, wie schnell der E-Commerce, also der Kauf und Verkauf von Waren und Dienstleistungen über das Internet, seinen Marktanteil steigern kann. Und hier ist nach den obigen Ausführungen davon auszugehen, dass die Entwicklung deutlicher langsamer verlaufen dürfte, als dies noch Ende der 90er Jahre von vielen Autoren angenommen wurde (vgl. z. B. Romm 1999). Außerdem sind aus heutiger Sicht Zweifel angebracht, ob eine Zunahme des Marktanteils des E-Commerce tatsächlich eine nennenswerte Zunahme des Energieverbrauchs im IuK-Bereich bewirken wird. Bereits heute besteht bei vielen Anbietern eine Infrastruktur für E-Commerce-Anwendungen. Selbst Firmen, die ihre Waren und Dienstleistungen nicht über das Internet vermarkten, haben häufig schon einen Auftritt im Internet. Da man Ende der 90er Jahre von einem schier grenzenlosen Wachstum der sogenannten New-Economy ausging, wozu auch der E-Commerce gehört, wurde die Infrastruktur häufig auf deutlich höhere Kapazitäten ausgelegt, als bisher erreicht wurden. Ein Beispiel dafür sind große Data-Centers, die während der Boom-Zeit

⁷⁷ Schätzungen für Großbritannien gehen davon aus, dass lediglich 10 % aller Fahrten Einkaufsfahrten sind, die zu 60 % mit dem eigenen Pkw getätigt werden.

⁷⁸ Dies war der Bestand an Internetnutzern zum Zeitpunkt der empirischen Untersuchung im Sommer 1999.

geplant und errichtet wurden und nun nur zu geringen Teilen ausgelastet sind. Daher dürfte die schon vorhandene Infrastruktur auch ein wachsendes Volumen des E-Commerce bewältigen. Hinzu kommt das schnelle Leistungswachstum von IuK-Geräten, das dazu beiträgt, den Bedarf an Geräten der Infrastruktur nicht weiter ansteigen zu lassen, selbst wenn die Nachfrage nach den von ihnen ausgeführten Diensten ansteigt. Allenfalls auf Seiten der Endkunden könnte eine weitere Verbreitung des E-Commerce die Marktdurchdringung von PCs in Haushalten beschleunigen.

Tabelle 4.7-2: Potenzielle Auswirkungen von E-Commerce auf den Energieverbrauch

| Wirkungen von E-Commerce | Auswirkungen auf den Energieverbrauch | |
|---|--|--|
| | Rückgang | Anstieg |
| Bessere Organisation der Angebotskette | <ul style="list-style-type: none"> • Geringerer Ausschuss • Reduzierte Lagerhaltung • Flächenbedarf sinkt | |
| Online Shopping - Konsumgüter - Dienstleistungen | <ul style="list-style-type: none"> • Geringerer Flächenbedarf im Handel | <ul style="list-style-type: none"> • Anstieg des Lieferverkehrs (i.A. weniger energieintensiv als Einkaufsverkehr) • Zunahme energieintensiver Express-Lieferungen |
| Elektronische Abwicklung geschäftlicher Transaktionen | <ul style="list-style-type: none"> • Fehlerhäufigkeit sinkt • Papierverbrauch geht zurück | <ul style="list-style-type: none"> • Möglicher Anstieg der Nachfrage durch sinkende Kosten und Preise der Güter |
| Verbesserte Kommunikation zwischen Unternehmen und Unternehmensteilen | <ul style="list-style-type: none"> • Rückgang der Geschäftsreisen | <ul style="list-style-type: none"> • Aber: möglicher Anstieg von Reisen durch mehr persönliche Kontakte auf Grund verbesserter Kommunikation |
| Elektronische Auktionen von Gütern und Dienstleistungen | <ul style="list-style-type: none"> • Bessere Nutzung bestehender Ressourcen • Geringerer Abfall | <ul style="list-style-type: none"> • Menge der Transaktionen nimmt insgesamt zu |
| E-Materialisation | <ul style="list-style-type: none"> • Substitution materieller durch elektronische Güter (z.B. Buch durch pdf-file) | <ul style="list-style-type: none"> • Anstieg der Güternachfrage insgesamt, d.h. Dematerialisation zusätzlich zu materiellen Gütern |

Quellen: basierend auf Roth et al. 2002; Aebischer/Huser 2000

Die oben beschriebene Entwicklung gibt auch erste Hinweise auf indirekte Auswirkungen des E-Commerce auf den Energiebedarf in anderen Verbrauchsbereichen. Betroffen sind insbesondere der Verkehrssektor durch potenzielle Veränderungen des Mobilitätsverhaltens sowie Hersteller und Händler durch mögliche Flächenreduktionen. Die Richtung der durch E-Commerce zu erwartenden Auswirkungen auf den Energiebedarf ist nicht eindeutig zu bestimmen. Tendenziell gehen die bisher vorliegenden Untersuchungen von einer energiesparenden Wirkung aus (vgl. z. B. Romm 1999; Aebischer/Huser 2000). Es gibt jedoch auch gegenläufige Effekte (Roth et al. 2002). Tabelle 4.7-2 fasst die möglichen Auswirkungen von E-Commerce auf den Energieverbrauch zusammen.

Bisher fehlt jedoch eine umfassende Quantifizierung dieser z. T. gegenläufigen Effekte des elektronischen Handels auf den Energieverbrauch. Die bisherigen Studien verbleiben entweder auf qualitativem Niveau oder beschränken sich auf die Quantifizierung einzelner Beispiele. Die vorliegenden Teilergebnisse lassen sich jedoch zum heutigen Zeitpunkt noch nicht zu einem umfassenden Bild zusammenfügen. Hier besteht für die Zukunft noch weiterer Forschungsbedarf.

5 Entwicklung eines Frühwarnsystems für den Energieverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnik

Die Informations- und Kommunikationstechnologie hat sich über die vergangenen zwanzig Jahre in einem enormen Tempo entwickelt und ist dabei häufig von den projizierten Entwicklungspfaden abgewichen. So gab es in der Computerindustrie lange Zeit die weit verbreitete Meinung, dass es keinen Markt für Einzelplatzcomputer gebe. Die Innovationsrate in der IuK-Branche ist unvermindert hoch, so dass sich an der Schwierigkeit, exakte Prognosen zu entwickeln, nur wenig geändert hat. Daher sind auch Prognosen für den Energieverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien mit großen Unsicherheiten behaftet. Über einen Zeitraum von acht bis zehn Jahren können Entwicklungen ihre Wirkung entfalten, die bei Erstellung einer Prognose noch nicht absehbar waren. So war beispielsweise bei der Einführung des digitalen Mobilfunks über die D-Netze im Jahr 1992 kaum daran zu denken, dass im Jahr 2000 etwa 40 Millionen Menschen in Deutschland den Mobilfunk nutzen würden. Eine Steigerung gegenüber der Anzahl der C-Netz Kunden, die 1990 bei 270 000 lag, war zwar zu erwarten, aber erst mit der Vermarktung von Mobilfunkanschlüssen über Prepaid Guthabekarten zusammen mit stark bezuschussten Telefonen wurden 1999 die gewaltigen Steigerungsraten bei den Kundenzahlen erreicht.

Die Vielschichtigkeit der Informations- und Kommunikationstechnologie legt es nahe, die Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch von mehreren Seiten zu analysieren. Zunächst werden die bereits in der Literatur diskutierten Trends daraufhin untersucht, in wie weit sie fortbestehen und welche Aussagen sich für den Energieverbrauch aus heutiger Sicht ergeben. Im zweiten Abschnitt wird dann versucht, auf einer mehr grundsätzlichen Ebene die Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnik zu analysieren. Im dritten Abschnitt wird eine Cross-Impact Matrix entwickelt, die als Werkzeug zur Identifikation der wichtigsten Bereiche dienen soll, wo sich Veränderungen des Energieverbrauchs ergeben könnten.

5.1 Trends in der Informations- und Kommunikationstechnologie

Als Haupteinflussfaktoren und Triebkräfte für Innovationen in den Informations- und Kommunikationstechnologien, die auch den zukünftigen Energiebedarf beeinflussen können, werden insbesondere diskutiert (vgl. auch Roth et al. 2002):

(1) Wachstum des E-Commerce und des E-Government

Hierbei wird die Kernfrage vor allem darin gesehen, wie schnell der E-Commerce, also der Kauf und Verkauf von Waren und Dienstleistungen über das Internet, seinen Marktanteil steigern kann. Wie bereits in Abschnitt 4.7.4 erörtert wurde, ist aus heutiger Sicht eher nicht davon auszugehen, dass mittelfristig vom E-Commerce sehr erhebliche Auswirkungen auf den zukünftigen Energiebedarf im IuK-Bereich zu erwarten sind. Zum einen verläuft die Entwicklung deutlich langsamer als noch Ende der 90er Jahre erwartet wurde. Zum anderen sind die unter hohen Wachstumserwartungen bereits aufgebauten Infrastruktur-Kapazitäten ausreichend, um auch wachsende E-Commerce-Anwendungen zu bewältigen. Hinzu kommt das schnelle Leistungswachstum von IuK-Geräten. Allenfalls auf Seiten der Endkunden könnte eine weitere Verbreitung des E-Commerce die Marktdurchdringung von PCs in Haushalten beschleunigen.

Daneben kann auch die Ausweitung der Verwaltungstätigkeit über das Internet⁷⁹ einen Einfluss auf den Energiebedarf durch IuK-Technologien haben. Die Bestrebungen, die Verwaltung als E-Government zu organisieren oder auch die Ideen, Wahlen über das Internet abzuhalten, erfordern einen Ausbau der Infrastruktur in den jeweiligen Organen. Allerdings kann wahrscheinlich nicht davon ausgegangen werden, dass diese Aktivitäten einen Einfluss auf die Ausstattung mit IuK-Geräten in Unternehmen und Haushalten haben werden.

(2) Mobiler Internetzugang (z. B. über UMTS) und ubiquitäre Computernutzung

Der mobile Internet-Zugang wird sich aus heutiger Sicht (Sommer 2002) mit großer Wahrscheinlichkeit nicht so rasant entwickeln, wie noch vor zwei Jahren erwartet wurde, als die Lizenzen für die dritte Mobilfunkgeneration UMTS in Europa vergeben wurden und Telekommunikationsunternehmen große Mengen an Kapital aufwendeten, um diese in Deutschland und in anderen Ländern zu ersteigern. Mittlerweile kündigen die meisten dieser Unternehmungen einen Aufschub des UMTS-Startes teilweise um mehrere Jahre an. Gründe hierfür sind in den hohen Kosten zu sehen, die die Mobilfunkbetreiber an die Nutzer weiterreichen müssen und auch darin, dass die UMTS-Technologie in der realen Anwendung die theoretisch mögliche Datenrate von 2 Mbit/s wohl nicht erreichen wird, sondern nur deutlich geringere Werte. Ein weiteres Problem stellt immer noch das Fehlen von Endgeräten dar. Es sind keine Geräte auf dem Markt und es scheint immer noch technische Probleme bei der Entwicklung zu geben, deren Lösung weit mehr Zeit in Anspruch nimmt, als bei der Planung der UMTS-Einführung angenommen wurde. Zudem ist

⁷⁹ Hierfür stehen auch allgemein die Bezeichnungen A2C (Administration to Consumer) und A2B (Administration to Business)

immer noch sehr ungewiss, ob über UMTS Dienste angeboten werden, deren Nutzwert so groß ist, dass die Konsumenten bereit sind, hohe Preise zu bezahlen. Damit wird das Festnetz für viele Nutzer preislich und technisch mehr Vorteile bieten. Allerdings werden bereits jetzt, vor dem Start der UMTS-Dienste, drahtlose Internet-Zugänge über W-LAN an Knotenpunkten wie Flughäfen oder in großen Hotels angeboten, die hohe Datenübertragungsraten von bis zu 11 Mbit/s erreichen können. Die Frequenzen, über die W-LAN abgewickelt wird, sind frei und kostenlos verfügbar. Die nicht-ausschließliche Nutzung stellt allerdings gesteigerte Anforderungen an die Störungssicherheit. Daneben beinhaltet die W-LAN-Technologie deutlich höhere Sicherheitsrisiken als leitungsgebundene Netze.

Die in der Computerindustrie entwickelten Ideen der ubiquitären (allgegenwärtigen) Computernutzung gehen deutlich weiter, als nur einen flächendeckenden drahtlosen Zugang zum Internet oder zu einem Intranet für Geräte wie Notebooks oder Personal-Digital-Assistants bereitzustellen. Vielmehr könnten eine Vielzahl von Gegenständen – von einer Milchflasche bis zu einem Parkverbotsschild – mit Computer-ähnlichen Chips ausgestattet werden, über die sie Daten mit anderen Gegenständen austauschen. Eine Milchflasche könnte ihr Verfalldatum dem Zentralrechner eines Supermarkts übermitteln, der dann gegebenenfalls darüber entscheiden könnte, den Preis als Sonderangebot zu reduzieren. Aus heutiger Sicht ist zwar noch nicht abzusehen, ob sich eine so weit gehende Vernetzung von Gegenständen überhaupt herausbilden wird und welchen Grad sie bis 2010 erreichen wird. Die Einführung IT-gestützter Logistik Systeme, bei denen die Position von Standard-Übersee-Containern jederzeit auffindbar ist, belegt jedoch, dass es bereits Bereiche gibt, wo sich die ubiquitäre Computernutzung abzeichnet. Die möglicherweise gewaltigen sozialen Auswirkungen solcher Konzepte, die auch die Akzeptanz und damit deren Verwirklichung beeinflussen, werden z. B. in Langheinrich et al. (2002) oder Ducatel et al. (2001) diskutiert.

(3) Wachstum der Breitband-Internet-Zugänge

Mit schnellen Zugängen zum Internet verbessern sich die Nutzungsmöglichkeiten für private Haushalte, da damit Multimedia-Anwendungen, wie sie im Bereich Unterhaltung verbreitet sind, in einem sinnvollen Tempo betrieben werden können. Die Erhöhung der Bandbreite, die eine Nutzung des Telefons neben der Internetnutzung zulässt, vergrößert - zusammen mit der Abrechnung der Nutzung über Datenmengen anstatt über die Nutzungszeit - die Wahrscheinlichkeit, dass Computer in privaten Haushalten länger am Netz bleiben und damit auch längere Nutzungszeiten aufweisen. Allerdings sind die heute üblichen ADSL-Anschlüsse auf Nutzerseite noch zu langsam für wirklich datenintensive Anwendungen wie Video on Demand, so dass der Bedarf an Kapazitätserhöhung auf der Anbieterseite (Server) noch begrenzt ist.

(4) Speicherung der Daten und Programme von Breitenanwendern auf Netz-Servern anstatt auf PCs

Diese Form der Computernutzung, auch als Netz-PC bezeichnet, wird bereits seit den neunziger Jahren diskutiert. Roth et al. (2002) nennen vor allem Sun Microsystems als Verfechter der Netz-Speicherung. Bei solch einer Aufteilung der Informationsverarbeitung und Speicherung könnten die Endgeräte bei den Nutzern deutlich einfacher konzipiert werden und damit auch einen geringeren Energiebedarf aufweisen. Andererseits müsste eine aufwändige Infrastruktur bei den Anbietern von Software und Speicherplatz eingerichtet werden. Bisher steht solchen Lösungen die zu geringe Leistungsfähigkeit vieler Internet-Anschlüsse im Breitenbereich entgegen. Andere Widerstände liegen in der schwer zu beurteilenden Sicherheit des Transfers der Daten vom zentralen Server zum Nutzer und auch in dem für die Nutzer nur schwer einzuschätzenden Kosten-Nutzen-Verhältnis bei gemieteter Software begründet.

5.2 Entwicklung der Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnik

Um auch diese möglichen Entwicklungen nicht zu vernachlässigen und besser fassen zu können, ist eine Analyse der Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnik auf einem grundsätzlichen Niveau hilfreich. Dadurch lässt sich ein Einblick gewinnen, bei welchen dieser Dienstleistungen am ehesten Entwicklungen zu erwarten sind, die eine Veränderung des Energieverbrauchs auslösen könnten und wo beispielsweise noch technische Hürden überwunden werden müssen, um Dienstleistungen zu erschließen. In einer groben Einteilung lassen sich die Dienstleistungen, die durch Informations- und Kommunikationstechnologie erbracht werden oder in Zukunft erbracht werden könnten, folgendermaßen charakterisieren:

Feld "Arbeit"

- Textliche Informationsverarbeitung,
- Grafische Informationsverarbeitung,
- Rechnerische Informationsverarbeitung,
- Nachrichtenübermittlung (verstanden im Wortsinn, also derart, dass es lediglich auf die Information, nicht aber auf Art und Weise der Darstellung ankommt),
- Sprachübermittlung,
- Bildübermittlung,
- Authentifizierung.

Feld "Kultur/Unterhaltung"

- Bild-/Tonübermittlung,
- Bild-/Tonbearbeitung,
- Bild-/Tonspeicherung,
- Spielen.

Diese Aufstellung ist nicht vollständig, und auch nicht alle Beispiele von Anwendungen und Technologien lassen sich problemlos in die formulierten Gruppen einordnen. Dennoch lässt sich anhand der Dienstleistungen analysieren, in welchen Feldern die Informations- und Kommunikationstechnologie noch deutlich wachsen wird. Außerdem sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass mit der modernen Computertechnologie eine große Anzahl von neuen Dienstleistungen und Anwendungen entstanden ist und weiter entsteht.

Nachrichtenübermittlung

Im Bereich der reinen Nachrichtenübermittlung hat die Informations- und Kommunikationstechnologie bereits einen sehr großen Anteil der verschiedenen Kommunikationsmodi. Herkömmliche analoge Technologien wie Telegramm oder Fernschreiber sind völlig verdrängt oder werden nur noch in besonderen Ausnahmefällen verwendet. Die digitalen Technologien zur Nachrichtenübermittlung haben auf Grund deutlich geringerer Kosten allerdings eine unvergleichlich größere Verbreitung gefunden. Während die Haushaltsausstattung mit Computern, die an das Internet angeschlossen sind und damit E-Mail als Nachrichtentechnologie nutzen können, in naher Zukunft 70 % erreichen wird, blieben Fernschreiber quasi nur Unternehmen vorbehalten. Gleichzeitig sind die spezifischen Nutzungskosten bei den meisten Anwendungen auf Bruchteile des Niveaus der analogen Nachrichtenübermittlung gefallen. Auf dem Gebiet der reinen Nachrichtenübermittlung ist zumindest derzeit keine bedeutende Fortentwicklung mehr zu erwarten. Lediglich der Versand längerer Textnachrichten auf mobile Anwendungen ist noch nicht so weit verbreitet. Die Nachrichtenübermittlung insgesamt ist somit **nicht** als treibende Kraft für neue Geräte oder eine weitere Verbreitung energieverbrauchender Technik anzusehen.

Bildübermittlung

Die Übermittlung von bildhafter Information über das Internet steckt im Vergleich dazu noch weitgehend in den Kinderschuhen. Dies gilt weniger für die prinzipielle technologische Durchführbarkeit als vielmehr für die Qualität, die bei einem als vertretbar angesehenen zeitlichen und finanziellen Aufwand erreicht wird. Kernproblem bei der Bildübermittlung ist die große Datenmenge, die bei vielen Videoanwendungen zudem noch weitgehend in Echtzeit übermittelt werden muss. Mit der

bereits fortgeschrittenen Entwicklung von digitalen Bildaufnahmesystemen für den breiten Anwendungsbereich dürfte zukünftig die Nachfrage nach Übermittlungskapazität für große Bilddatenmengen ansteigen. Im Beispiel gesprochen: in mittlerer Zukunft werden Urlaubsbilder über das Internet an Freunde geschickt – in der Qualität von herkömmlich verarbeiteten Bildern. Mit einem gewissen Zeitverzug werden Bilddateien auch über mobile Anwendungen verschickt werden. Erste Mobiltelefone mit Kamera werden bereits angeboten, die in der Qualität allerdings noch weit hinter dem Standard der digitalen Bildtechnologie zurückbleiben, der mit digitalen Fotokameras erreicht wird.

Eine Rückschau der Computertechnologie zeigt, dass über lange Zeiträume hinweg die Leistungsfähigkeit transportabler Datenträger im privaten Bereich und im Bereich kleiner und mittlerer Unternehmen größer war als die Leistungsfähigkeit von Netzwerken zur Datenübertragung. Für einen gewissen Zeitraum Ende der neunziger Jahre änderte sich dieses Verhältnis, als immer noch die 3,5 Zoll Diskette den Standard für beschreibbare, wechselbare Datenträger darstellte, über das Internet jedoch bereits problemlos Dateien von einer Größe über 1,4 MB transportiert werden konnten. Mit der inzwischen standardmäßigen Verbreitung von beschreibbaren optischen Datenträgern (CD-R und CD-RW) bei Neugeräten hat sich wieder ein transportabler Datenträger etabliert, der für große Datenmengen besser handhabbar ist als das Internet, wie es im privaten Bereich und bei kleinen und mittleren Unternehmen verfügbar ist⁸⁰.

Im Bereich der Großunternehmen und Forschungseinrichtungen stellt sich die Situation anders dar, da diese leistungsfähige Anschlüsse an die sogenannten Internet-Backbones (Hauptleitungen des Internets) besitzen. Das hohe Innovationstempo bei optischen Breitbandnetzen auf Glasfaserbasis hat zusammen mit dem geringeren Bedarf an Übertragungskapazität in den Backbone-Netzen zu einem Überschuss an Transportkapazität geführt. Eine weitere Steigerung der optischen Transportkapazität bestehender Glasfaserleitungen ist durch konsequente Verbesserung des Dense Wavelength Division Multiplexing möglich, bei dem das Lichtsignal in verschiedene Wellenlängen (Farben) aufgespaltet wird und damit mehrere Kanäle zur Informationsübermittlung bietet. Löffken (2001) berichtet von einer möglichen Steigerung der Transportkapazität um das hundertfache, bis optisches Rauschen und nichtlineare Effekte der Lichtausbreitung eine physikalische Grenze setzen. Selbst wenn diese Grenze erreicht werden sollte, könnte durch Polarisierung der Lichtsignale eine weitere Verdopplung der Transportkapazität ermöglicht werden.

⁸⁰ Den Inhalt einer CD von 650 MB über eine DSL-Leitung zu übertragen, die eine Downloadrate von 768 kb/s erreicht, würde bei voller Übertragungsrate allein für die semantische Information eine Stunde und 53 Minuten dauern. Hinzu kommen noch die Protokollaten, die einen Teil der Bandbreite benötigen und damit die Datenrate für die semantische Information verringern.

Das hohe Potenzial zur Kapazitätsausweitung bei bestehenden optischen Backbone-Netzen macht deutlich, dass ein Wachstum der datenintensiven Dienstleistungen wie Video on Demand im Breitenbereich vor allem durch die sogenannte letzte Meile, also die Übertragungsstrecke zum Endkunden, begrenzt wird. Über das Internet wird in Tauschbörsen bereits eine große Anzahl von Spielfilmen getauscht. Allerdings werden die Filme nicht in Echtzeit übertragen. Um eine handhabbare Datenmenge zu erhalten, werden die Daten stark komprimiert, was notgedrungen zu gewissen Qualitätsverlusten führt. Die beiden üblichen Video-Kompressionsstandards MPEG-1 und MPEG-2 liegen mit Datenraten von mindestens 1,2 Mbit/s bzw. über 2 Mbit/s immer noch deutlich über der Leistungsfähigkeit der am weitesten verbreiteten ADSL-Technologie der Deutschen Telekom, die eine Downstream-Rate von 768 kbit/s ermöglicht. Mit dem MPEG-4 Standard lässt sich die Datenmenge auf Werte bis um 500 kbit/s reduzieren. Die Qualitätseinbußen sind dann jedoch so groß, dass mit diesem Standard dem Fernsehen oder der herkömmlichen Videonutzung keine Konkurrenz entstehen wird. Nach derzeitigem Stand der Netztechnologie ist es sehr unwahrscheinlich, dass Video-on-Demand mit der vorhandenen Netzinfrastruktur sinnvoll betrieben werden könnte. Da die Errichtung solcher Dienste auch enorme Investitionen in die Hardware auf der Anbieterseite erfordern würde, die sich nur bei einer großen Nutzerzahl bezahlt machen könnte, ist es sehr zweifelhaft, ob sich Investoren finden, die das Risiko eingehen wollen, einen Dienst anzubieten, dessen Kunden eventuell lange auf die nötige Infrastruktur warten müssen, um ihn zu nutzen (zu den Hardwarevoraussetzungen für Video-Server vgl. z. B. Tanenbaum, 1997, S. 762-775).

Erst mit weiteren technischen Innovationen, die eine Erhöhung des Transfervolumens auf der letzten Meile erlauben, wird Video on Demand eine realistische Chance zur Verbreitung haben. Allerdings sind hier Grenzen durch die zur Verfügung stehenden Kupferleitungen der Telefongesellschaften und Koaxialkabel der Fernsehkabelbetreiber gesetzt. Datenraten, wie sie bereits heute in großen Unternehmen und Forschungseinrichtungen üblich sind, werden nach heutigem Wissensstand erst langfristig durch eine Anbindung über Glasfaser möglich werden.

Versuche aus den 90er Jahren, Video on Demand zu vermarkten, waren damals auch deshalb kein Erfolg, weil die Kunden kein Interesse an den damals angebotenen Möglichkeiten zeigten und nicht nur, weil es prinzipielle Schwierigkeiten bei der technischen Durchführung gab. Um zwischen Fernsehen und Videotheken erfolgreich zu sein, müssen einige Anforderungen der Nutzer erfüllt sein. So dürfen die Kosten nicht oder nur marginal höher sein als in Videotheken. Bereits dieser Punkt ist bei den notwendigen Datenmengen nur schwer zu erfüllen, da die Übertragung über das Internet mit merklichen Kosten verbunden ist, während die "letzte Meile" von der Videothek zum Nutzer ohne wahrgenommene Kosten zurückgelegt wird. Es darf keine Nutzungseinschränkungen geben; das heißt, Inhalte müssen jederzeit oder nach kurzer (Größenordnung von wenigen Minuten) Zeit zur Verfügung stehen unabhängig vom Verhalten anderer Nutzer. Weiterhin muss die Bedie-

nung und Nutzung einfach, unkompliziert und schnell erfolgen und die Inhalte müssen über den Fernseher angezeigt werden. Die bisherigen Ergebnisse mit Video on Demand deuten stark darauf hin, dass jede einzelne dieser Bedingungen für sich bereits ein k. o.-Kriterium ist, dass den Markterfolg verhindert.

Die digitale Übertragung bildhafter Daten wird sich in naher Zukunft vor allem auf das Digital Video Broadcasting konzentrieren. Für Anwendungen wie Video on Demand werden die Hürden als so hoch eingeschätzt, dass diese Anwendungen zunächst nicht als Treiber in der Entwicklung und Verbreitung von IuK-Technologie wirken.

Bildbearbeitung

Die digitale Bildtechnologie steht im breiten Anwendungsbereich noch deutlich hinter der Qualität der herkömmlichen chemischen Bildaufnahme- und Bildwiedergabeverfahren zurück. Dies gilt vor allem für die geometrische Auflösung der Bilddaten. Zwar können beispielsweise mit den meisten Digitalkameras Fotos aufgenommen werden, die sich in gleicher Qualität wie herkömmliche Fotos in Postkartengröße auf Papier belichten lassen. Bei so genannten Posterformaten werden dann jedoch Einzelbildpunkte sichtbar und damit nicht mehr die gleiche Qualität erreicht. In diesem Feld ist noch eine kräftige technologische Entwicklung zu erwarten. Dies gilt umso mehr für die einfache und schnelle Bearbeitung von Videodaten, die auch heute noch die Leistungsfähigkeit der IT-Technologie im privaten Bereich weitgehend überfordert, auch wenn Geräte und Software zu diesen Zwecken vorhanden sind.

Spielen

Die Nutzung von IuK-Geräten als Spielgerät hat eine lange Tradition. Bereits Ende der sechziger Jahre wurden die ersten so genannten Spielkonsolen vermarktet. Heute wird eine Vielzahl von IuK-Geräten als Spielgerät verwendet. Zum einen sind dies weiterhin Spielkonsolen und auch tragbare Geräte (Gameboys), zum anderen werden aber auch PCs vielfach als Spielgeräte verwendet. Auch Mobiltelefone beinhalten vielfach Spiele, werden jedoch nur relativ selten zum Spielen verwendet. Die in der Vergangenheit kontinuierlich gewachsenen Anforderungen der Spielesoftware an die Geräte – vor allem PCs und Spielkonsolen – waren im Bereich der PCs einer der wichtigen Treiber für Leistungssteigerungen der Technik. Die Dienstleistung Spielen wird auch weiterhin ein Treiber der IuK-Entwicklung sein und mit ihren Anforderungen die Nachfrage nach leistungsfähigeren Endgeräten, aber auch nach qualitativ hochwertigen Netzdienstleistungen (Übertragung von großen Datenmengen, z. T. auch in Echtzeit) aufrecht erhalten.

Informationsverarbeitung

Informationsverarbeitung, verstanden als Textverarbeitung und mathematische Datenverarbeitung, bedeutet in der Regel keine Herausforderung mehr für die technologische Ausstattung im Bereich der Breitenanwendungen. Ebenso stellt heute die Verarbeitung von grafischen Daten und Bilddaten (keine Videodaten) in der Regel keine neuen Ansprüche an die Leistungsfähigkeit von IT-Geräten. Ausnahmen, was die Anforderungen an die Kapazität angeht, stellen z. B. aufwändige Modellierungsaufgaben dar, die allerdings weder im professionellen noch im privaten Bereich häufig vorkommen.

Authentifizierung

Im Internet besteht weiterhin ein gravierender Mangel an allgemein anerkannten Verfahren zur Authentifizierung. Zwar werden schon verschiedene Systeme der Verschlüsselung und der digitalen Signatur angeboten, aber keines konnte bisher eine breite Akzeptanz erreichen. So können selbst über Anbieter kostenloser E-Mail-Systeme digitale Signaturen verwendet und Nachrichten verschlüsselt werden, aber die große Mehrheit der Nutzer scheint darauf zu vertrauen, dass Nachrichten nicht ausgespäht werden oder ihre Inhalte unverfänglich sind.

Die Einführung von Authentifizierungsverfahren auf breiter Ebene sollte an sich keinen höheren Aufwand an IT-Geräten oder Datentransfer erzeugen. Es könnte allerdings sein, dass die persönlichen Schlüssel in Chipkarten abgelegt werden, so dass eine neue Nachfrage nach Lesegeräten für Chipkarten im Breitenmarkt entsteht. Sollte sich diese Lösung durchsetzen, werden die Lesegeräte schnell in die PCs für den Breitenmarkt integriert werden. Ähnliches wäre für Abtastgeräte für biometrische Merkmale zu erwarten, wenn sich beispielsweise Daten aus dem Fingerabdruck als Komponente für den Schlüssel bei der Authentifizierung durchsetzen sollten. Die Anwendung solcher Lösungen ist jedoch noch in weiterer Ferne, weil ihre Praxistauglichkeit fraglich ist.

Sprachverarbeitung

Möglicherweise wird die Verarbeitung von gesprochener Information nochmals einen Sprung in der Gerätetechnologie verursachen. Derzeit entsteht jedoch vielmehr der Eindruck, dass der Flaschenhals in diesen Anwendungen eher auf der Seite der Software zu suchen ist. Die hohe Komplexität der menschlichen Sprache wird wahrscheinlich nur mit Computersystemen in Echtzeit zu fassen sein, die nach heutigen Maßstäben sehr aufwändig sind. Derzeit ist kaum abzusehen, ob die Steuerung von Computern und die Eingabe von Informationen bis 2010 eine signifikante Rolle spielen wird. Die Unschärfe der menschlichen Sprache dürfte auf absehbare Zeit zu große Anforderungen an die Kognitionsleistung von Computern stellen, die

nicht unbedingt mit leistungsfähigeren Geräten gesteigert werden kann. Aus diesem Grund wird die Sprachverarbeitung nicht als Treiber für die IuK-Technologie eingeschätzt. Zum diesem Thema vgl. auch Friedewald/Kolo (2000).

5.3 Entwicklung eines Frühwarnsystems

Vor dem Hintergrund der absehbaren Trends in der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie der für die zukünftige Entwicklung des Energiebedarfs relevanten Dienstleistungen wird im Folgenden ein dynamisiertes Frühwarnsystem in Form einer Cross-Impact-Matrix entwickelt. Zu diesem Zweck wurden konkrete energieverbrauchsrelevante Einflussfaktoren identifiziert, mit denen sich die Wirkung dieser Trends und Dienstleistungen auf die energiebedarfsbestimmenden Größen der IuK-Technologie - Bestand, spezifischer Energieverbrauch und Nutzungsintensität der verwendeten Geräte - bestimmen lässt.

5.3.1 Bestandsrelevante Einflussfaktoren

(1) Individualisierung

Unter Individualisierung wird die Tendenz zum persönlichen Besitz und/oder personenbezogene Nutzung von IuK- und Kommunikationsgeräten im Gegensatz zum Besitz solcher Geräte von Familien bzw. Wohngemeinschaften oder Arbeitsgruppen in Unternehmen verstanden. Geräte wie das Mobiltelefon, der Notebook-Computer und der PDA sind mit ihren hohen Zuwachsraten im Bestand Beispiele für diese Entwicklung. Die Individualisierung bewirkt eine Bestandserhöhung. Im Bürobereich ist beispielsweise die Individualisierung bei PCs⁸¹ schon seit einer geraumen Zeit weitgehend vollzogen. Computer sind einem Mitarbeiter zugeordnet und werden nicht in einer Arbeitsgruppe geteilt verwendet. Bei Druckern hat sich dagegen in vielen Büros ein gegenläufiger Trend zu Netzwerkdruckern in Arbeitsgruppen durchgesetzt

(2) Vermarktungsmodelle

Vermarktungsmodelle, bei denen die Geräte nicht direkt über den Kaufpreis finanziert werden, sondern über Nutzungsgebühren, können die Marktdurchdringung beschleunigen, da die für Endkunden oftmals abschreckend wirkenden Anfangskosten wegfallen oder zumindest deutlich gesenkt werden können. Solche Vermarktungsmodelle sind für Anbieter vor allem dann interessant, wenn nach großen In-

⁸¹ Damit hat sich das Konzept des "Personal Computers" gegenüber der Nutzung von Großrechnern in Verbindung mit Terminal-Plätzen durchgesetzt.

vestitionen in Infrastrukturen für einen neuen Dienst (wie z. B. Mobiltelefonnetze) schnell ein Kundenstamm aufgebaut werden soll, oder wenn der Markteintritt von Konkurrenten, die eine andere Technologie anbieten, erschwert werden soll (vgl. hierzu die Vermarktung von ADSL durch die Deutsche Telekom). Bei aggressiven Vermarktungsmodellen wurde in den vergangenen Jahren jedoch das Problem der Nutzungslücke beobachtet; d. h. Geräte werden zwar dank der niedrigen Investitionskosten angeschafft aber zumindest nach einer gewissen Anfangszeit nur noch eingeschränkt genutzt. Zur Beurteilung von Vermarktungsmodellen ist zu untersuchen, ob derart vermarktete Geräte in einer Funktion betrieben werden können, die keine oder nur geringe Nutzungskosten bewirken wie beispielsweise Mobiltelefone, die zwar im Bereitschaftsbetrieb verwendet werden, aber nur wenig für das eigentliche Telefonieren.

5.3.2 Leistungsrelevante Einflussfaktoren

(1) Trend zu mobilen Geräten

Bei mobilen Geräten ist der Energieverbrauch ein wichtiges Qualitätskriterium, da dieser für die netzunabhängige Nutzungsdauer bestimmend ist. Ein Trend zum Einsatz mobiler Geräte wirkt sich zumindest dämpfend auf den Energieverbrauch aus. Am Beispiel von Notebooks zeigt sich allerdings, dass inzwischen auch Geräte vorhanden sind, die vielleicht besser als "quasi-mobil" zu bezeichnen sind. In privaten Haushalten werden zunehmend Notebooks eingesetzt, die jedoch vielfach nicht wirklich unterwegs genutzt werden (vgl. Kap. 4) und bei denen der Energieverbrauch merklich höher liegt als bei Geräten, die wirklich für den Einsatz ohne Stromversorgung über das Netz konstruiert wurden.

(2) Akkutechnologien

Nicht nur die IuK-Geräte wurden in der Vergangenheit weiterentwickelt, sondern selbstredend auch die Akkus mobiler Geräte. Das Innovationstempo konnte jedoch nicht mit dem der Entwicklung der restlichen Hard- und Software mithalten. Dadurch wirkt die Realisierung einer langen Betriebsdauer mobiler Geräte bei begrenzter Akkukapazität limitierend auf die Leistungsaufnahme mobiler Geräte aus. Ein Durchbruch bei der Entwicklung von Akkutechnologien, der eine stark gesteigerte Energiedichte erzielen würde, könnte den Anreiz, stromsparende mobile Geräte zu entwickeln, vermindern. Möglicherweise könnten mobile Brennstoffzellen hier einen Lösungsweg bieten. Inwieweit Brennstoffzellen in Verbindung mit einem Wasserstoffspeicher eine tatsächlich längere Betriebsdauer ermöglichen, ist derzeit schwer zu beurteilen. Die Möglichkeit mit wenigen Handgriffen den Brennstoffspeicher auszutauschen bzw. wiederzubefüllen könnte bei Brennstoffzellen zu einem entscheidenden Vorteil werden. Dies würde jedoch voraussetzen, dass der Brennstoff (Wasserstoff, Methan oder Alkohole) quasi überall einfach verfügbar ist.

Die Wirkung von neuen Akkutechnologien wurde in der CI-Matrix unter der Voraussetzung abgeschätzt, dass bis deutlich vor 2010 eine substantielle Verbesserung erreicht wird. Über die Wahrscheinlichkeit, dass dies tatsächlich eintritt wird dabei jedoch keine Aussage gemacht.

(3) *Technologiesubstitution*

Im IuK-Bereich führt die hohe Innovationsrate in vielen Fällen zu einer Technologiesubstitution, die sich bedeutend auf den spezifischen Energieverbrauch auswirken kann (Bsp. Röhrenmonitor vs. Flachbildschirm). Eine Senkung des Energieverbrauchs wird auch die mittel- bis langfristige Substitution konventioneller Elektronik durch nanotechnologische Lösungen mit sich bringen, 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).

(4) *Integrationsdichte der Geräte*

Die Integrationsdichte der Geräte bedeutet das Zusammenfassen von Funktionalitäten auf einer einzelnen Einheit (in der Regel einer Platine), die in der Regel auch mit einem geringeren Energieverbrauch einhergeht. Daneben können auch mehrere Funktionen in einem Multifunktionsgeräte zusammengefasst werden. Dabei ist zu beachten, dass viele Kombinationen am Markt nicht erfolgreich waren oder wahrscheinlich nicht sein werden. So hat man sich von der Vorstellung, den Fernseher zu einem Multimedien auszuweiten, der auch Internet und weitere Dienste erlaubt, bereits wieder verabschiedet. Multifunktionsgeräte bieten punktuell Vorteile wie z. B. die Kombination aus Mobiltelefon und PDA, Fax und Drucker oder Telefon und Anrufbeantworter.

5.3.3 **Nutzungsrelevante Einflussfaktoren**

Dienstleistungsvarianten

Neue Dienstleistungsvarianten können die Nutzungsstruktur von IuK-Geräten verändern. Beispiele sind hier die „Flatrate“ für die Internetnutzung, oder UMTS-Dienste, die dem Nutzer permanent Informationen über seinen Standort liefern, wie Restaurants oder Kultureinrichtungen in der Nähe, und einen dauerhaften Datentransfer zwischen Endgerät und Basisstation erfordern. Die genannten UMTS-Dienste könnten auch zur Refinanzierung der Netzbetreiber dienen, die ortsbezogene Werbung auf die Geräte der Kunden senden könnten. Dies wäre vergleichbar mit einer zielgerichteten Bannerwerbung im Internet.

5.3.4 CI-Matrix des Frühwarnsystems

In der nachfolgenden Cross-Impact-Matrix (Tabelle 5.3-1) sind die in dieser Untersuchung unterschiedenen Gerätegruppen in den Zeilen angeordnet. Ihnen werden in den Spalten die oben beschriebenen Einflussfaktoren gegenübergestellt. 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.

Tabelle 5.3-1: Cross-Impact-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 5.3-2: Cross-Impact-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 5.3-3: Cross-Impact-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 | |

Die Auswertung der Cross-Impact Matrix erfolgt über die Aufsummierung der Zeilen und der Spalten. Die Zeilensummen geben Aufschluss darüber, bei welchen Gerätearten eine wesentliche Veränderung des Energiebedarfs von den jeweiligen Bearbeitern erwartet wird. Über eine Verknüpfung mit dem derzeitigen Anteil am gesamten Energiebedarf der IuK-Technologien kann die Bedeutung einer Veränderung des Energiebedarfs weiter geklärt werden. Die Spaltensummen ergeben außerdem Hinweise darüber, welche der aggregierten Triebkräfte als wirkungsvoll α -achtet werden.

Die CI-Matrizen für die drei untersuchten Bereiche sind in der Stärke der Ausprägungen nicht direkt miteinander vergleichbar, da z. B. für die Infrastruktur einige der Triebkräfte grundsätzlich von keinerlei Belang sind und die Matrix damit weniger stark besetzt ist als diejenigen für die Endgeräte.

5.3.5 Ergebnisse für das Frühwarnsystem

Zum Abschluss der Studie wurden die CI-Matrizen von den Projektarbeitern selbst ausgefüllt, um die Durchführbarkeit der Methode zu testen und um die Einschätzung der Projektarbeiter aufzunehmen. Zur weiteren Beobachtung der Entwicklung wird vorgeschlagen, dieses Frühwarnsystem zu einem späteren Zeitpunkt durch Experten neu ausfüllen zu lassen, um Veränderungen in der sich dynamisch entwickelnden IuK-Technologie erfassen und bewerten zu können.

Unter den Endgeräten in Haushalten werden bei den Mobiltelefonen mit Abstand die stärksten Triebkräfte hin zu einer Steigerung des Energiebedarfs ermittelt. Vergleicht man dieses Resultat mit den für die Projektionen berechneten Daten, fällt sofort auf, dass der gesamte Energiebedarf für die Endgeräte im Mobilfunk zurück geht. Dennoch werden die Ergebnisse grundsätzlich für brauchbar gehalten, da sie sich auf den Betrieb der Engeräte beziehen, nicht jedoch auf die Ladegeräte, die mit ihrer um Größenordnungen höheren Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb die Ergebnisse dominieren. Ebenfalls deutliche Hinweise auf eine Steigerung des Energiebedarfs bestehen bei Kameras, Spielkonsolen und bei PCs. Lediglich bei den tragbaren Audiogeräten und bei den sonstigen IT-Geräten ergibt die Bilanzierung der Triebkräfte eine Tendenz hin zu einer Minderung des Energiebedarfs.

Unter den Triebkräften wurde die Veränderung der Nutzleistung und die Individualisierung im Bereich der Endgeräte in Haushalten 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.

Bei den Endgeräten in Büros wurden nochmals Mobiltelefone analysiert, da in diesem Bereich andere Einflüsse wirksam werden als bei den Haushalten, wo die Mobiltelefone bilanziert wurden. Auch im Bürobereich ergab sich die stärkste Tendenz zur Steigerung des Energiebedarfs bei den Mobiltelefonen. Der Energiebedarf bei Computern wurde schwach ausgeprägt mit wachsend bewertet. Im Berechnungsmodell wurde dagegen ein leicht rückgängiger Wert ermittelt, der auch auf den Annahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz der PCs im Bereitschaftsbetrieb beruht. Blendet man die Wirkung der nur möglicherweise erreichbaren Leistungssteigerung von Akkutechnologien aus, so ergibt sich in der CI-Matrix ein Wert von null, was im Wesentlichen den Annahmen und Ergebnissen der Projektionen entspricht.

Unter den Einflussfaktoren wurde die Wirkung von deutlich verbesserten Akkutechnologien als potenziell stark steigend auf den Energiebedarf eingeschätzt, während dem Trend zu mobilen Geräten und der Steigerung der Integrationsdichte von Geräten eine dämpfende Wirkung zugeordnet wurde. Vermarktungsmodelle haben im Bürobereich keinen Einfluss auf den Energiebedarf.

Bei den Geräten der Infrastruktur ist die Matrix aus oben bereits erläuterten Gründen nicht ganz so gut besetzt. 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).

Anders als bei den Endgeräten ergaben die Einschätzungen zum Trend zu mobilen Geräten Hinweise auf einen erhöhten Energiebedarf in der Infrastruktur. Hier bilden sich die Anforderungen der mobilen Geräte ab, Daten mit anderen Geräten schnell und bequem austauschen zu können. Aus diesem Grund könnte es auch in Zukunft wichtig sein, bei einem starken Trend zu mobilen Geräten genau zu beobachten, welche Auswirkungen sich auf die Infrastruktur ergeben.

6 Energiepolitische Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz von IuK-Geräten

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick und eine kurze Bewertung der bereits bestehenden, geplanten und vorgeschlagenen Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz von IuK-Geräten. Der räumliche Schwerpunkt liegt dabei auf der EU und Deutschland, wobei beispielhaft auch auf interessante Ansätze aus anderen Ländern eingegangen wird. Damit soll gewährleistet werden, dass die im nachfolgenden Abschnitt aus den Ergebnissen dieser Untersuchung abgeleiteten Maßnahmenvorschläge in den schon bestehenden bzw. geplanten Policy-Mix auf EU-Ebene und auf nationaler Ebene passen und diesen um einige, bisher möglicherweise noch nicht erkannte lohnende Anwendungsgebiete aus der IuK-Technologie ergänzen. Eine eigenständige und umfassende Analyse energiepolitischer Instrumente und Maßnahmen war jedoch nicht Schwerpunkt dieser Untersuchung.

6.1 Überblick über grundsätzlich mögliche Maßnahmen

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. Diese lassen sich nach unterschiedlichen Kriterien klassifizieren (vgl. auch Tabelle 6.1-1):

(2) Nach der *Art* der Maßnahme:

Eine häufig verwendete Kategorisierung (z. B. Rennings et al. 1997; Ziesing et al. 1997; Eichhammer et al. 1998; Rath et al. 1999; Schломann et al. 2000) ist die Unterscheidung von übergeordneten Instrumentenkategorien (Ordnungsrecht, ökonomische Instrumente, ggf. Instrumente der Technologie- und Innovationspolitik, informatorische/freiwillige Instrumente), denen jeweils ein breites Spektrum konkreter Maßnahmenarten zugeordnet wird. Im Hinblick auf den hier im Mittelpunkt stehenden Energieverbrauch von IuK-Geräten dominieren bisher informatorische und freiwillige Maßnahmen, insbesondere Verbrauchskennzeichnungen auf freiwilliger Basis sowie Selbstverpflichtungen. Viele dieser Maßnahmen beziehen sich auf die Verringerung von Leerlaufverlusten der Geräte und nicht auf den Energieverbrauch im Normalbetrieb. Ordnungsrechtliche Maßnahmen wie eine verbindliche Energieverbrauchskennzeichnung oder verpflichtende Verbrauchsstandards, wie sie bei elektrischen Haushaltsgeräten relativ verbreitet sind, gibt es für Geräte im IuK-Bereich bisher nur sehr begrenzt. Auch produktspezifische ökonomische Anreize zum Erwerb besonders energieeffizienter IuK-Geräte sind wenig verbreitet.

Tabelle 6.1-1 Instrumente und Maßnahmenarten zur Förderung der Energieeffizienz

| Instrumententyp | Maßnahmenart | Erläuterung |
|---|---------------------------------------|---|
| Ordnungsrecht | Vorschriften | Regulierende Vorschriften in Form von Ge- und Verboten. Hierzu zählen bei Geräten im IuK-Bereich insbesondere die Vorschreibung von Höchstverbrauchs- bzw. Mindesteffizienzstandards und die Produktkennzeichnungspflicht mit vorgegebenen produktspezifischen Kenngrößen. |
| Ökonomische Instrumente | Steuern/Abgaben | Z. B. ökologische Steuerreform. |
| | Finanzieller Anreiz | direkte Zuschüsse (Subventionen), zinsverbilligte Darlehen, Steuerermäßigungen. |
| | Preisgestaltung | Z. B. lineare Tarife; „Grüner“ Strom. |
| | Umweltzertifikate | Z. B. CO ₂ -Emissionszertifikate. |
| Technologie- und Innovationspolitische Instrumente | Forschungs- und Entwicklungsförderung | Insbesondere finanzielle Projektförderung. |
| | Procurement | Öffentliche Beschaffung (Public Procurement) oder kooperative Beschaffung (Cooperative Procurement) energieeffizienter Geräte, entweder mit dem Ziel, neue effiziente Geräte auf den Markt zu bringen (Technology Procurement) oder mit dem Ziel, den Marktanteil bereits verfügbar besonders effizienter Geräte zu erhöhen (Market Procurement). |
| Informatorische, organisatorische und freiwillige Instrumente | Information | Schriftliche, mündliche oder visuelle Information unter Nutzung verschiedenster Informationskanäle. Als Informationsweg wird auch immer öfter das Internet gewählt. In diese Kategorie fallen auch Energieverbrauchs- oder Öko-Label auf freiwilliger Basis. |
| | Beratung | Individuelle Information, in der Regel auf Anfrage. |
| | Weiterbildung | Aus- und Fortbildung in Seminaren, Erstellung und/oder das zur Verfügung stellen von Unterrichtsmaterial. |
| | Institutionen | Gründung und/oder finanzielle Unterstützung von Institutionen wie Energieagenturen oder Energieeffizienzfonds, deren Arbeitsschwerpunkte in der Förderung der rationalen Energie- oder Stromnutzung liegen |
| | Verhandlungslösungen | Freiwillige Vereinbarungen mit Tauschcharakter zwischen der Wirtschaft und (i.d.R.) politischen Entscheidungsträgern auf nationaler oder supra-nationaler Ebene wie Selbstverpflichtungen, verhandelte Zielwerte, Kooperationslösungen, Branchenlösungen. |

(3) Nach räumlicher Gültigkeit:

Maßnahmen auf internationaler Ebene, auf der Ebene der EU, auf nationaler Ebene sowie auf regionaler/kommunaler Ebene. Da IuK-Geräte überwiegend weltweit gehandelt werden, ist zumindest bei den die Hersteller und auch den Handel betreffenden Maßnahmen eine internationale bzw. EU-weite Durch-

führung oder wenigstens die Koordination nationaler Maßnahmen von großer Bedeutung. Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf der Betrachtung bereits bestehender bzw. möglicher Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz von IuK-Geräten auf internationaler bzw. EU-Ebene sowie in Deutschland. Beispielhaft werden jedoch auch interessante Ansätze in anderen Ländern (Schweiz, EU-Länder, USA, Japan, Australien) berücksichtigt.

- (4) Nach den mit der Maßnahme verfolgten *Zielen* und den dabei anvisierten *Zielgruppen*:

Energiepolitische Maßnahmen zur Beeinflussung des Energieverbrauchs von IuK-Geräten können an verschiedenen Punkten der Produktkette von der Herstellung bis zur Endnutzung ansetzen und wirken. Die unter Punkt (1) genannten Maßnahmen können unterschiedlich effektiv im Hinblick auf die Zielerreichung sein (Tabelle 6.1-2):

- Das Ziel einer Stimulierung neuer, energieeffizienterer Technologien richtet sich an die Zielgruppe der Hersteller und die ggf. noch vorgelagerte Forschung. Hier ansetzende Maßnahmen sind insbesondere die F&E-Förderung und das Technology Procurement.
- Das Ziel der Förderung der Produktion und des Angebots energieeffizienter IuK-Produkte richtet sich an die Hersteller bzw. Importeure. Hier ansetzende Maßnahmen sind insbesondere die Produktkennzeichnung, Verbrauchsstandards oder Verhandlungslösungen. Hinzu kommt das Market Procurement und ggf. auch finanzielle Anreize für die Hersteller.
- Weiterhin müssen diese energieeffizienten Produkte auf den verschiedenen Handelsstufen angeboten und verkauft werden. Als an die Händler gerichtete Maßnahmen sind neben der Produktkennzeichnung vor allem speziell auf den Handel zugeschnittene Informations- und Fortbildungsprogramme sowie das Market Procurement und finanzielle Anreize zu nennen.
- Ein entscheidendes Glied in dieser Kette sind die tatsächlichen Kaufentscheidungen der privaten Konsumenten, der Unternehmen und öffentlicher Einrichtungen. Zur Förderung des Kaufs energieeffizienter Produkte kommen insbesondere die Verbrauchskennzeichnung der Geräte, breitgefächerte Informations- und Marketingkampagnen sowie finanzielle Anreize in Frage.
- Während sich die bisher genannten Ziele auf die stärkere Durchsetzung technischer Effizienzverbesserungen beziehen, lässt sich der Energieverbrauch von IuK-Geräten auch durch das Verhalten der Endnutzer in privaten Haushalten und Büros beeinflussen. Am Nutzungsverhalten ansetzende Maßnahmen sind in erster Linie Informations-, Beratungs- und Fortbildungsprogramme sowie preispolitische Maßnahmen.

Tabelle 6.1-2 Mögliche Ziele der Energiepolitik zur Beeinflussung des Energieverbrauchs im IuK-Bereich und Zieleffektivität energiepolitischer Maßnahmen

| | Vorschriften (Kennzeichnungspflicht, Standards) | Ökonomische Anreize | F&E-Förderung, Procurement | Freiwillige Maßnahmen (Kennzeichnung, Vereinbarungen) | Sonstige Information, Beratung, Fortbildung |
|--|---|---------------------|---------------------------------------|--|--|
| Stimulierung neuer energieeffizienter Technologien | mittel | mittel | hoch (F&E, Technology Procurement) | mittel | gering |
| Förderung der Herstellung energieeffizienter Produkte | hoch | mittel | mittel | mittel | gering |
| Förderung des Angebots energieeffizienter Produkte im Handel | hoch | mittel | mittel (Market Procurement) | 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

(5) Nach *zeitlicher Gültigkeit* bzw. dem *Status*:

Es kann sich um bereits abgeschlossene, laufende oder konkret geplante Maßnahmen handeln; hinzu kommen vorgeschlagene Maßnahmen mit mehr oder weniger großen Realisierungschancen.

(6) Nach *Wirkungsweise* bzw. *Minderungspotenzial*:

Die Wirkung von Maßnahmen auf den Energieverbrauch von IuK-Geräten kann direkter (z. B. bei quantitativen Zielvorgaben) oder indirekter Art (wie bei den meisten Informationsmaßnahmen) sein. Maßnahmen können sowohl an der technischen Effizienz der Geräte als auch am Verhalten der Nutzer ansetzen. Das von einer Maßnahme ausgehende Minderungspotenzial im Hinblick auf Energieverbrauch und ggf. auch CO₂-Emissionen kann qualitativ oder quantitativ bestimmt werden. Die Quantifizierung kann im Rahmen einer ex-post-Evaluierung der Maßnahme erfolgen. Häufiger zu finden sind jedoch ex-ante-Evaluierungen von Maßnahmen, die mittels bestimmter Annahmen

und ggf. unter Nutzung modelltheoretischer Ansätze die Wirkung einer Maßnahme oder eines Maßnahmenbündels auch quantitativ beschreiben⁸²

6.2 Überblick über bereits bestehende, geplante und vorgeschlagene Maßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene

6.2.1 Ordnungsrecht

Ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Beeinflussung des Energieverbrauchs von Geräten beziehen sich in erster Linie auf die gesetzlich vorgeschriebene Kennzeichnung des Energieverbrauchs der Geräte 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 Heizkessel⁸³.

Bei den verpflichtenden Energielabeln handelt es sich in der Regel um vergleichende Informationslabel (comparison labels), die die Energieeffizienz im Vergleich zu ähnlichen Modellen auf dem Markt bewerten, häufig durch Einteilung in Energieeffizienzklassen. Kanada führte bereits 1978 ein Energieinformationslabel für Haushaltsgroßgeräte ein, das EnerGuide-Label. In den USA wurde 1980 ebenfalls ein gesetzlich vorgeschriebenes Informationslabel (EnergyGuide) für vierzehn in Privathaushalten eingesetzte Geräte eingeführt, u. a. Kühl- und Gefriergeräte, Geschirrspüler, Waschmaschinen, Trockner, Klimaanlage und Wasserkocher. In Australien erfolgte die Kennzeichnungspflicht für Haushaltsgroßgeräte 1986.

Im Jahr 1992 schließlich wurde vom Rat der Europäischen Gemeinschaften die Richtlinie 92/75/EWG über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch Haushaltsgeräte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinfor-

⁸² An derartigen Evaluierungen energie- und klimapolitischer Maßnahmen lassen sich beispielsweise nennen: Ziesing et al. 1997 und Prognos/IER 2002 (ex-post-Analyse und Kurzfristprognose) für zahlreiche energie- bzw. klimapolitische Maßnahmen; Rath et al. 1999 für Maßnahmen zur Minderung von Leerlaufverlusten; Schlomann et al. 2001 für die Energieverbrauchskennzeichnung/Mindesteffizienzanforderungen elektrischer Haushaltsgeräte; Bach et al. 2002 für die Auswirkungen der ökologischen Steuerreform.

⁸³ Einen umfassenden weltweiten Überblick über den Einsatz von Energieeffizienz-Labels und Standards geben IEA 2000 sowie Wiel/McMahon 2001.

mationen erlassen. Das zentrale Element dieser Kennzeichnung ist die Einteilung der Geräte in sieben Energieeffizienzklassen von „A“ bis „G“. Die Richtlinie umfasst folgende Arten von Haushaltsgeräten: Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen und Trockner, Geschirrspüler, Backöfen, Warmwasserbereiter und –speichergegeräte, Lichtquellen und Klimageräte. Auf Grundlage dieser Rahmenrichtlinie wurden von der Europäischen Kommission bis 2002 Durchführungsrichtlinien zu fast allen Geräten (mit Ausnahme der Warmwassergeräte) erlassen, die von den einzelnen Mitgliedsstaaten der EU innerhalb bestimmter Fristen verbindlich in nationales Recht umzusetzen sind. Die Durchführungsrichtlinie für Kühl- und Gefriergeräte, die bereits aus dem Jahr 1994 stammt (RL 94/2/EG), wird derzeit überarbeitet. Die Klasseneinteilung soll in absehbarer Zeit an die technische Entwicklung angepasst werden. Ergänzt wurde die verpflichtende Kennzeichnung von Haushaltsgeräten durch die Richtlinie 96/57/EG, die verpflichtende Mindesteffizienzanforderungen für Haushaltskühl- und –gefriergeräte vorsieht. In Deutschland bildete zunächst das Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz (EnVKG) vom 1. Juli 1997 (BGBl. I S. 1632) die gesetzliche Grundlage für die nationale Umsetzung dieser EU-Direktiven. Es wurde mittlerweile durch das Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz vom 30. Januar 2002 (BGBl. I S. 570) abgelöst, das die gesetzliche Grundlage für die Umsetzung von EU-Rechtsakten zur Verbrauchskennzeichnung von Geräten und Kraftfahrzeugen⁸⁴ sowie die Festsetzung von Verbrauchshöchstwerten für Geräte in Deutschland bildet. Die eigentliche Umsetzung der Rechtsakte erfolgt durch Rechtsverordnungen.

Grundsätzlich wird ordnungsrechtlichen Maßnahmen im Hinblick auf die Beeinflussung des Energieeffizienz von Geräten eine hohe Effektivität zugemessen (vgl. Tabelle 6.1-2). Energielabel zur Kennzeichnung und Klassifizierung des Stromverbrauchs von Geräten schaffen eine größere Markttransparenz und bieten dem Käufer ein zusätzliches Entscheidungskriterium. Standards beschleunigen die Markttransformation und den technischen Fortschritt. In Verbindung mit vergleichsweise geringen Durchführungskosten ist auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis verglichen mit anderen Maßnahmenarten relativ günstig. Dass eine Politik verpflichtender Energielabels und Standards tatsächlich einen nennenswerten Beitrag zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen leisten kann, zeigen die in einigen Ländern wie Australien, Kanada, USA und EU durchgeführten Evaluierungen (einen Überblick gibt IEA 2000). Auch für Deutschland ergab die kürzlich erfolgte Evaluierung der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (Schloman et al. 2001) durchaus nennenswerte Energieverbrauchs- bzw. CO₂-Reduktionen durch die erfolgte Verschiebung zu energieeffizienteren Haushaltsgroßgeräten, die zu einem großen Teil auf die Einführung der Kennzeichnungspflicht und die zusätzlichen Mindeststandards für Kühl- und Gefriergeräte zurückzuführen

⁸⁴ Richtlinie 1999/94/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 1999 über die Bereitstellung von Verbraucherinformationen über den Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen beim Marketing für neue Personenkraftwagen (ABl. EG Nr. L 12 S. 16).

waren. Für den Zeitraum 1995-2000 wurde die dadurch erreichte CO₂-Minderung auf rund 0,5 Mio. t geschätzt.

Im Hinblick auf den Energieverbrauch von IuK-Geräten sind die meisten Länder und die EU jedoch nicht den Weg ordnungsrechtlicher, sondern freiwilliger Maßnahmen gegangen. Verbreitet sind insbesondere freiwillige Vereinbarungen mit den Herstellern sowie freiwillige Qualitätslabel. Hauptargument für die Bevorzugung freiwilliger Instrumente ist der schnellere technologische Wandel bei diesen Geräten, der flexiblere und schnellere politische Ansätze erfordert als die häufig langwierige Implementation ordnungsrechtlicher Maßnahmen. Eine schnellere Anpassung der Effizianzorderungen an die technische Entwicklung ist in der Tat auch ein häufig geäußerter Kritikpunkt an den bestehenden verpflichtenden Energielabeln für Haushaltsgeräte. Sie ließe sich allerdings auch im Rahmen des ordnungsrechtlichen Instrumentariums erreichen, beispielsweise durch eine regelmäßige Anpassung der technischen Anforderungen, z. B. alle fünf Jahre, ohne an der schon eingeführten Unterteilung in die Energieeffizienzklassen A-G etwas zu ändern (Schloman et al. 2001). Lediglich die Berechnungsgrundlage der einzelnen Klassen würde sich dann zeitlich ändern.

Ein Land, das auch für einzelne Geräte aus dem IuK-Bereich auf verbindliche Energieverbrauchsstandards setzt, ist Japan. Im 1998 revidierten Energieeinspargesetz werden im Rahmen des „Top-Runner-Programms“ Energieverbrauchs-Zielwerte für Kraftfahrzeuge und für IuK-Geräte festgelegt, darunter für Fernseher, Videorekorder, Fotokopierer und Computer (IEA 2000; Bertoldi et al. 2002).

Die Energiepolitik der Schweiz konkretisierte sich im 1991 gestarteten „Aktionsprogramm Energie 2000“. Es enthält ein Maßnahmenbündel vielfältigster Aktivitäten, das vorwiegend auf freiwillige Instrumente statt Vorschriften abstellt. Das Programm stützt sich auf Konsens und Partnerschaft zwischen öffentlicher Hand in Bund, Kantonen und Gemeinden, privater Wirtschaft, Organisationen und Bevölkerung. Eine der wenigen gesetzlichen Maßnahmen im Aktionsprogramm Energie 2000 ist die „Energienutzungsverordnung“ mit Stromverbrauchs-Zielwerten für in Haushalt und Büro sehr häufig verwendete Elektrogeräte. Das Instrument stellt jedoch kein Verbot dar, sondern bedeutet eher einen „sanften Druck“ auf die Angebotsseite: Zusammen mit Herstellern und Importeuren wurden Zielwerte definiert, denen 95 % der im Handel angebotenen Geräte nach einer Übergangsfrist entsprechen müssen. Wurden zu den jeweiligen Fristen die Ziele nicht erreicht, konnte die Regierung in einer zweiten Stufe Zulassungsbeschränkungen einführen. Die Maßnahme gilt für Haushaltsgroßgeräte, Fernseher und Videorekorder sowie einige Bürogeräte (Fax, Kopierer, Drucker, PC, Monitore). Die Festlegung der Zielwerte orientierte sich bei den Bürogeräten an den technischen Möglichkeiten, was zu teilweise sehr ambitionierten Werten führte. Die bis 1997 durchgeführten Datenerhebungen, die danach nicht mehr weitergeführt wurden, ergaben dann auch die größten

Verbesserungen bei den elektronischen Geräten. Allerdings wurden in der Schweiz bei keiner Gerätekategorie die Zielwerte bis zum festgelegten Zeitpunkt erreicht, zum Teil bei weitem nicht (Bush 1998; Schlomann et al. 2001). Dies mag zum Teil an zu hoch gesteckten Zielen gelegen haben, zum Teil aber auch daran, dass von Regierungsseite keine Konsequenzen auf die Nichterreicherung erfolgten.

In Deutschland wird in verschiedenen Untersuchungen zur Reduzierung des Stromverbrauchs von Haushalts- und Bürogeräten das Instrument einer Elektroanwendungsverordnung diskutiert, die u. a. für Haushalts- und Bürogeräte Mindesteffizienzstandards definiert sowie einen bestimmten Höchstverbrauch im Leerlauf-Zustand bestimmt (so in Ziesing et al. 1997, Brohmann et al. 2000, Fischedick/Nitsch 2002). Durch diese Maßnahme könnte nach Abschätzungen des Öko-Instituts (Ziesing et al. 1997, Brohmann et al. 2000) allein der Stromverbrauch der privaten Haushalte bis 2010 um knapp 7 % (entsprechend 7,3 Mt CO₂) und bis 2020 um knapp 10 % gegenüber einer Referenzentwicklung reduziert werden. Auch die Übertragung des EU-Effizienzlabels für Haushaltsgeräte auf Geräte aus dem IuK-Bereich unter Berücksichtigung des hier anfallenden Verbrauchs im Leerlauf wird verschiedentlich gefordert (z. B. Rath et al. 1999).

Ein gerade in Deutschland häufig diskutiertes Problem ist die Leistungsaufnahme vieler elektrischer und elektronischer Geräte im Schein-Aus-Zustand. Hier könnte die nahezu vollständige Vermeidung dieser Verluste (AUS=AUS, d. h. 0,0W), die technisch durchaus möglich ist, auf ordnungsrechtlichem Wege geregelt werden. Das Fraunhofer ISI hat in diesem Zusammenhang die Auswirkungen einer ab 2004 geltenden Mindesteffizienzregelung untersucht, die einen Schein-Aus-Verbrauch grundsätzlich untersagt⁸⁵. Der geschätzte Einspareffekt dieser Maßnahme für in den privaten Haushalten auftretende Schein-Aus-Verbräuche gegenüber einem Referenzszenario lag bis 2005 bei 30 % (0,9 Mt CO₂) und bis 2010 bei 54 % (1,6 Mt CO₂). Alternativ wurde die Einführung einer Kennzeichnungsverordnung zu Schein-Aus-Verbräuchen ab 2003 untersucht. Hier waren die geschätzten Einspareffekte mit 26 % bis 2005 und 38 % bis 2010 geringer. Dass der Unterschied nicht stärker ausfällt, ist darauf zurückzuführen, dass die Kennzeichnungsregelung auch auf den Bestand wirkt (über eine allgemeine Sensibilisierung der Nutzer für das Auftreten von Schein-Aus-Verlusten) und eine Mindesteffizienzregelung nur auf Neugeräte.

Die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ des Deutschen Bundestages schlägt in ihrem Anfang Juli 2002 vorgelegten Abschlussbericht (Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung 2002) ebenfalls eine Ausweitung des ordnungs-

⁸⁵ Ausgenommen waren Geräte mit einem Wert unter 1W und Geräte, für die ein höherer Verbrauch aus technischen Gründen unvermeidbar sind.

rechtlichen Instrumentariums bei Stromanwendungen vor. Im Einzelnen empfiehlt sie

- eine zügige Ausdehnung der verpflichtenden Energielabel auf bisher noch nicht erfasste Geräte, insbesondere elektrische Warmwasserbereiter, Fernseher, Video und Büroelektronik,
- eine häufigere Anpassung der Einstufung der Energieeffizienzklassen sowie
- eine Ausdehnung der Mindeststandards auf alle Geräte, die der Verbrauchskennzeichnung unterliegen, wobei hier als Alternative auch freiwillige Vereinbarungen mit Geräteherstellern in Frage kämen.

Da IuK-Geräte überwiegend europa- bzw. weltweit gehandelt werden, sind die hier vorgeschlagenen ordnungsrechtlichen Maßnahmen in jedem Fall prioritär auf EU-Ebene anzugehen. Nur in Einzelfällen sind auch nationale Maßnahmen zu erwägen⁸⁶. In ihrem aktuellen Klimaschutzprogramm (EU 2001) sowie in den Third Communications (Europäische Kommission 2001) hat die EU bereits eine Reihe von Direktiven zur Reduzierung des Energieverbrauchs elektrischer und elektronischer Geräte angekündigt:

- Eine Rahmenrichtlinie zu Minimum-Effizienzstandards für elektrische und elektronische Endgeräte ist in Planung. Mit einer Annahme wird hier für 2003 gerechnet, mit einer Wirksamkeit auf dem Markt bis 2005.
- Ebenfalls geplant ist die Revision der Rahmenrichtlinie 92/75/EC zur Energieverbrauchskennzeichnung. Hier wird ebenfalls mit einer Annahme in 2003 gerechnet. Das Einsparpotenzial dieser Maßnahme wird auf 10 Mt CO₂ geschätzt.
- Weiterhin in Planung ist die EEE Richtlinie (Environmental Impact of Electrical and Electronic Equipment), die allerdings nicht den Energieverbrauch direkt betrifft.

Auf der Grundlage dieser Rahmenrichtlinien könnten dann Durchführungsrichtlinien zu weiteren Geräten erlassen werden und somit auch weitere elektrische und elektronische Geräte von einer ordnungsrechtlichen Regelung erfasst werden. Diese wären dann in den einzelnen Ländern verbindlich umzusetzen. In Deutschland bietet das neue Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz vom 30. Januar 2002 (BGBl. I S. 570) dafür bereits die gesetzliche Grundlage.

⁸⁶ So schlägt die Enquete-Kommissionen Nachhaltige Energieversorgung (2002) als mögliche nationale Maßnahme vor, das GEEA-Label für effiziente Haushalts- und Büroelektronik (siehe unten) bundesweit verbindlich einzuführen.

6.2.2 Ökonomische Instrumente

Steuern/Abgaben

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 in Österreich, Dänemark, Belgien, Finnland, Deutschland, den Niederlanden, Schweden, UK sowie ebenfalls in Norwegen⁸⁷. In Deutschland wurde mit dem Gesetz zum Einstieg in die ökologische Steuerreform (BGBl. I 1999 S. 378) zum 1.4.1999 eine Steuer auf Gas, Öl, Treibstoffe für den Straßenverkehr und Strom eingeführt. Mit dem Gesetz zur Fortführung der ökologischen Steuerreform vom 16.12.1999 (BGBl. I S. 2432) wird diese für die Jahre 2000 bis 2003 jeweils zum 1. Januar des Jahres für Treibstoffe für den Straßenverkehr und Strom weiter erhöht. Eine genaue Zuordnung der Gesamtwirkung der Ökosteuer auf die Energieeffizienz von IuK-Geräten und das Nutzungsverhalten ist allerdings nicht möglich. Für Deutschland insgesamt wird nach eher vorsichtigen Schätzungen mit einer durch die Ökosteuer bewirkten CO₂-Reduktion von rund 7 Mt bis zum Jahr 2010 gerechnet (Eichhammer et al. 2001).

Finanzielle Anreize

Eine weitere preispolitische Maßnahme ist die Gewährung von finanziellen Anreizen für den Kauf energieeffizienter Geräte in Form von Rabatten, finanziellen Zuschüssen, Bonus-Malus-Systemen oder Steuerermäßigungen. Die Finanzierung dieser Programme erfolgt entweder durch den Staat oder durch Energieversorger und setzt in der Regel beim Endnutzer an. Möglich sind auch finanzielle Anreize für Hersteller zur Produktion energieeffizienter Geräte oder auf der Ebene des Handels. Grundsätzlich kann mit finanziellen Anreizprogrammen, insbesondere wenn sie zeitlich befristet und scharf zielgruppenausgerichtet sind, ein Energieeffizienz-Effekt erzielt werden (so z. B. Brunner et al. 2001, Wiel/McMahon 2001, Schloemann 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.

Die bestehenden oder in der Vergangenheit durchgeführten derartigen Programme bezogen sich schwerpunktmäßig auf die elektrischen Haushalts-Großgeräte sowie

⁸⁷ 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). Sie wurde auch bei der Zusammenstellung der in diesem Kapitel dargestellten Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz von IuK-Geräten mit verwendet.

auf die Beleuchtung und nicht auf Geräte aus dem IuK-Bereich. Häufig dient ein Energielabel wie das EU-Label für Haushaltsgeräte oder der Energy Star aus den USA als Grundlage für die Auswahl der zur fördernden Geräte. So gewährte der dänische Stromsparfonds im Rahmen seiner 1999 durchgeführten A-Kampagne für eine kurze Frist von 11 Wochen direkte Zuschüsse für den Kauf von Kühl-/Gefriergeräten und Wäschetrocknern. Im Januar 2000 startete in den Niederlanden das Energiepremie-Programm für private Haushalte, das den Käufern von A-Geräten bei Kühlgeräten, Waschmaschinen, Trocknern und Geschirrspülern einen finanziellen Zuschuss gewährt. Die Effektivität der Programme im Hinblick auf eine Steigerung des Anteils von A-Geräten wird in beiden Ländern positiv eingeschätzt, die Kosteneffektivität jedoch unterschiedlich beurteilt. Während Karbo (2000) diese relativ hoch einschätzt, ergab eine Evaluierung des niederländischen Programms (Boonekamp et al. 2000) eine vorsichtigere Einschätzung, insbesondere auf Grund hoher Mitnahmeeffekte sowie der zu geringen Effizienzanforderungen der A-Geräte (v. a. bei Kühl- und Gefriergeräten). Auch in den USA gibt es Rabattprogramme, die sich sowohl an Endkunden als auch an Hersteller richten (Schlommann et al. 2001; Wiel/McMahon 2001). Schwerpunkte sind aber auch hier Haushalts-Großgeräte. Ein die Erhöhung der Energieeffizienz beeinträchtigender Nebeneffekt wurde in Kalifornien beobachtet, wo sich Kunden, veranlasst durch den Rabatt, zwar einen neuen energieeffizienten Kühlschrank anschafften, den alten jedoch als Zweitgerät weiterlaufen ließen.

In Deutschland finden sich finanzielle Anreizprogramme überwiegend auf regionaler oder kommunaler Ebene, und hier überwiegend initiiert und finanziert von einzelnen Energieversorgern und Stadtwerken. Wichtigste Zielgruppe dieser Aktionen waren die privaten Haushalte, gefördert wurden auch hier in erster Linie energieeffiziente Haushaltsgroßgeräte sowie die energieeffiziente Beleuchtung. Einen ausführlichen Überblick und eine Bewertung dieser Programme gibt Brohmann et al. (2000). Im gewerblichen Bereich legten kommunale Energieversorger Programme mit finanziellen Anreizen für energieeffiziente Investitionen häufig vor dem Hintergrund des Least-Cost Planning auf. Hier richteten sich diese Programme in erster Linie auf die energieeffiziente Beleuchtung (Böde et al. 2000b).

Was den Einsatz finanzieller Anreizprogramme zur Förderung des Einsatzes energieeffizienter IuK-Geräte betrifft, so ist nicht zu erwarten, dass sich an deren bisher sehr untergeordneter Bedeutung in Zukunft viel ändern dürfte. Dagegen sprechen vor allem die hohen Kosten dieser Programme, die auch die Anzahl der Personen, die überhaupt in den Genuss einer Förderung kommen, stark einschränken dürfte. Auch die schnellere Austauschrate vieler Geräte aus dem IuK-Bereich, verglichen beispielsweise mit den Haushaltsgroßgeräten oder der Beleuchtung, auf die sich die bisherigen Programme überwiegend konzentrieren, steht einer breiteren Anwendung dieser Maßnahme entgegen. Dagegen sprechen auch die in vielen Evaluierungen festgestellten relativ hohen Mitnahmeeffekte.

Emissionszertifikate

Der im Zusammenhang mit den sogenannten Kyoto-Instrumenten verstärkt diskutierte Einsatz handelbare Emissionszertifikate als weitere den ökonomischen Instrumenten zuzurechnende Maßnahme 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. Außerdem sollen Anlagenbetreiber nur für die direkten Emissionen verpflichtet werden.

6.2.3 Instrumente der Technologie- und Innovationspolitik

Forschungs- und Entwicklungsförderung

Zum einen lässt sich die Entwicklung neuer energieeffizienter Techniken im Bereich der IuK-Geräte im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungspolitik fördern. Im Jahr 2000 betragen die Ausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung im Bereich der Informationstechnik rund 550 Mio. € (BMBF 2000). Für das Energieforschungsprogramm des BMWi zur Förderung energieeffizienter Technologien standen im Jahr 2001 rund 145 Mio. € bereit (<http://www.bmwi.de>). Hier 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 darstellen.

Eine Ergänzung der Prioritäten der F&E-Förderung um das Kriterium der Energieeffizienz könnte einhergehen mit einem langfristigen Ziel für die Energieeffizienz, wie beispielsweise in der Schweiz, wo die Einrichtung einer „2000-Watt Gesellschaft“ vorgeschlagen wird. Gestartet wird diese Initiative im September 2002 mit einem Workshop an der ETH Zürich unter dem Titel „Steps towards a 2000 Watt-society“ – a White paper on R&D“ (Jochem/Sprengh 2002).

Auch die Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung (2002) empfiehlt in ihrem kürzlich vorgelegten Abschlussbericht eine Forcierung der innovationsorientierten Technologiepolitik im Hinblick auf ein nachhaltiges Energiesystem und darüber hinaus. Dies soll verbunden werden mit der Formulierung mittelfristiger konkreter Handlungsziele für eine Nachhaltigkeitspolitik im Energiesektor für einen Zeitraum von 15 bis 20 Jahren sowie darüber hinaus der Formulierung indikativer Langfristziele. Speziell im Hinblick auf moderne IuK-Technologien und Elektronik sieht auch die Kommission erhebliche Potenziale, Strombedarf gar nicht erst entstehen zu lassen. Um diese Möglichkeiten zu erschließen und breit praxistauglich einzuführen, sind gezielte Forschungsanstrengungen nötig.

Technology und Market Procurement

Ein weiteres Instrument, das bei der Förderung energieeffizienter Geräte auch aus dem IuK-Bereich in den letzten Jahren 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 Schweden. In der Folge kam das Instrument auch in anderen Ländern wie den Niederlanden, Finnland und den USA zum Einsatz (Wiel/McMahon 2001). Ansatzpunkte für Technology Procurement zur Erhöhung der Energieeffizienz sind u. a. Heizungssysteme (z. B. auf solarer Basis), Wärmedämmung von Gebäuden (z. B. hocheffiziente Fenster), Beleuchtungssysteme, elektrische Motoren, elektrische Haushaltsgroßgeräte, aber auch Geräte aus dem IuK-Bereich wie z. B. Kopierer. Evaluierungen von Technology Procurement-Aktivitäten haben gezeigt, dass diese Maßnahme die Markteinführung hocheffizienter Technologien in zweierlei Hinsicht unterstützte: zum einen durch die Verbesserung der Technologie selbst, zum anderen durch die zunehmende Diffusion dieser Technologie im Markt (Ostertag/Dreher 2002). Während bei komplexen, wenig standardisierten Produkten und Systemen wie Heizung und Beleuchtung nationale Ansätze durchaus sinnvoll sind, hat bei mehr oder weniger standardisierten und häufig weltweit gehandelten Produkten, um die es sich im IuK-Bereich überwiegend handelt, ein international koordiniertes Vorgehen beträchtliche Vorteile.

Hier sind insbesondere die Aktivitäten der IEA zu nennen, die im Rahmen ihres Demand-Side-Management-Programms⁸⁸ Technology Procurement-Projekte für eine Reihe von Geräten und Komponenten (u. a. elektrische Motoren, Wäschetrockner, Kopiergeräte für Büros) gefördert hat. Interessant für diese Untersuchung ist insbesondere das Projekt zur Förderung innovativer Kopierer. Die beiden im Rahmen dieses Programms entwickelten energieeffizienten Kopierer der Hersteller Canon und Ricoh, die auch mit dem „IEA DSM Award of Excellence“, einem Preis für innovative energieeffiziente Produkte, ausgezeichnet wurden, sind seit Sommer 2001 auf dem europäischen Markt verfügbar (Gremmelmaier 2001). Bei einer raschen Marktdurchdringung könnten diese Geräte den zukünftigen Energieverbrauch für das Kopieren im Bürobereich deutlich vermindern. Durch ergänzende informative Maßnahmen, z. B. eine Informationskampagne, wie sie in Finnland durchgeführt wurde, könnte die Marktdurchdringung beschleunigt werden (Gremmelmaier 2001).

⁸⁸ <http://dsm.iea.org>

Da bei den meisten Geräten aus dem IuK-Bereich die technischen Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs in den verschiedenen Betriebszuständen 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, die wohl größere Bedeutung zukommen. Diese können sowohl durch öffentliche als auch privatwirtschaftliche Einrichtungen erfolgen. Der Beteiligung des Staates bei der Beschaffung energieeffizienter Produkte kann dabei eine Vorreiter- und Signalfunktion für privatwirtschaftliche Beschaffer zukommen (Ostertag/Dreher 2002). Teilweise übernehmen staatliche Einrichtungen wie z. B. Energieagenturen oder Energiesparfonds auch eine koordinierende Funktion bei der Abwicklung von Procurement-Projekten. Als Grundlage für die Beschaffungsrichtlinien dienen häufig die Anforderungen von Energieeffizienz-Labeln.

Im Haushaltsbereich beziehen sich gemeinschaftliche Beschaffungsprojekte in erster Linie auf die großen elektrischen Haushaltsgeräte. So wählte beispielsweise der dänische Stromsparfonds ein Procurement-Verfahren, um den Anteil energieeffizienter Haushaltsgeräte (A-Geräte) in den Wohnungen zu erhöhen. Zielgruppe waren Großeinkäufer dieser Geräte wie Wohnungsbaugesellschaften und öffentliche Einrichtungen. Eine Ausdehnung dieser Aktivitäten auf elektronische Haushaltsgeräte und Bürogeräte ist geplant (Karbo 1999). Auf der Ebene der EU wurde im Rahmen des im SAVE-Programm der EU geförderten „ENERGY+“-Projektes erstmals das Instrument der Kooperativen Beschaffung am Beispiel hocheffizienter Kühlschränke länderübergreifend in 10 Ländern erprobt (<http://www.energy-plus.org>).

Für Geräte aus dem Bereich der IuK-Technik dürften die größten Potenziale für gemeinschaftliche Beschaffungsprojekte bei den Bürogeräten liegen, da hier ein großer Bedarf an Geräten besteht und ein relativ häufiger Geräte austausch stattfindet. In den USA gibt es schon seit einigen Jahren Richtlinien für die Beschaffung energieeffizienter Produkte durch Regierungsstellen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene (Wiel/McMahon 2001). Eine Anordnung des amerikanischen Präsidenten im Jahr 2001 (Bush 2001) bezieht sich explizit auf die Beschaffung von Bürogeräten mit geringem Stand-by-Verbrauch, falls verfügbar, bis maximal 1 Watt (Bertoldi et al. 2002). In Dänemark gibt es seit 1995 eine freiwillige Vereinbarung im öffentlichen Sektor für die Beschaffung energieeffizienter Produkte, die auch eine Reihe von Bürogeräten einschließt (MURE 2002). In der Schweiz wurde die öffentliche Beschaffung energieeffizienter Geräte im Rahmen des Programms „Energie 2000“ angewendet (Aebischer/Huser 2002). Außerdem gibt es in der Schweiz eine „Liste fortschrittlicher Einkäufer“, die veröffentlicht wird. Sie verpflichten sich, gelabelte Bürogeräte zu kaufen. Dies trägt zum Image der entsprechenden Firmen und öffentlichen Einrichtungen bei. In Deutschland gibt das Umweltbundesamt ein Handbuch zur Beschaffung umweltfreundlicher Produkte heraus

(Umweltbundesamt 1999). Auch Computer und andere Bürogeräte werden berücksichtigt.

Auf der Ebene der EU ist bereits für 2002 eine Initiative zum Public Procurement geplant. Dadurch soll die Marktnachfrage für energieeffiziente Technologien im öffentlichen Sektor gesteigert werden. Das für diese Maßnahme geschätzte CO₂-Reduktionspotenzial ist beträchtlich (Europäische Kommission 2001).

6.2.4 Informativische, organisatorische und freiwillige Instrumente

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. Die generelle Strategie der EU zur Reduzierung des Stand-by wurde 1999 in einem Papier der Europäischen Kommission festgeschrieben (Europäische Kommission 1999).

Bisher wurden folgende Vereinbarungen zwischen der Europäischen Union und Herstellern über die Reduzierung von Stand-by-Verlusten geschlossen (http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/html/standby_initiative.htm):

- Bereits 1997 gab es 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 mit folgenden Zielwerten:
 - ab 1.1.2000: Reduktion der Stand-by-Verluste auf max. 10 W, Flottendurchschnitt 6 W.
 - ab 1.1.2009: 3 W für den Flottendurchschnitt.
- Im Jahr 2000 folgte eine weitere Vereinbarung (negotiated agreement) zwischen EU-Kommission und EACEM über die Stand-by-Verluste von Audio-Geräten. Hier wurden folgende Zielwerte für den Stand-by-Betrieb festgelegt:
 - ab 1.1.2001: 5 W,
 - ab 1.1.2004: 3 W,
 - ab 1.1.2007: 1 W.
- Eine weitere Vereinbarung erfolgte im Rahmen eines Code of Conduct über die Energieeffizienz digitaler TV-Systeme, der schon von allen wichtigen Herstellern von Set-Top-Boxen in der EU und einem Service Provider unterschrieben

wurde (Bertoldi et al. 2002). Hier wurden folgende Ziele für den Stand-by-Verbrauch vereinbart, die in einem ebenfalls festgelegten Zeitraum erreicht werden sollen:

- Digitale, freistehende Set-Top-Boxen: zwischen 1.1.2003 und 31.12.2004: 6 W für passives Stand-by (wenn spezifiziert), 10 W für aktives Stand-by.
- Für integrierte Geräte zum Empfang und Dekodieren digitaler Signale (integrated receiver decoder): 3 W passives Stand-by, 10 W aktives Stand-by.
- Ein weiterer Code of Conduct wurde im Juli 2000 herausgegeben, der die Effizienz externer Netzteile (external power supplies) für elektronische und elektrische Geräte betrifft. Auch diesen haben schon zahlreiche europäische Hersteller unterschrieben, unter anderem die meisten Hersteller von Mobiltelefonen. Zielsetzung ist es, die Leistungsaufnahme dieser Geräte im Leerlauf bis 2005 auf 0,75 bis 0,3 W (abhängig von der Leistung der Geräte) zu reduzieren. Im Einzelnen wurden dabei folgend Zielwerte festgelegt:
 - ab 1.1.2001: 1 W (alle Geräte),
 - ab 1.1.2003: 0,75 W (alle Geräte),
 - ab 1.1.2005: 0,3 – 0,5 W (abhängig von der Leistung der Geräte).

Da externe Netzteile weltweit gehandelt werden und viele wichtige Hersteller nicht aus EU-Ländern kommen, hat die Europäische Kommission gegenüber der IEA vorgeschlagen, die Anforderungen weltweit zu übernehmen (Bertoldi et al. 2002).

Auch in Deutschland spielen Selbstverpflichtungen der Wirtschaft eine wichtige Rolle in der Energie- und Klimapolitik. Am 9. November 2000 wurde eine neue Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge abgeschlossen, in der die Verpflichtungen aus der ersten Vereinbarung von 1995 nochmals verschärft werden. In der neuen Vereinbarung verpflichtet sich die deutsche Industrie, ihre spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 28 %, und die spezifischen Emissionen aller sechs Kyoto-Gase um 35 % zu reduzieren. Auch die deutsche Elektrotechnik- und Elektronikindustrie ist am 27. Juni 2001 dieser Vereinbarung beigetreten (www.zvei.org). Allerdings richtet sich das Ziel der Verpflichtung des ZVEI auf die Senkung ihrer spezifischen, durch die elektroindustrielle Produktion verursachten Emissionen und nicht auf die Emissionen der von der Elektroindustrie hergestellten Geräte. Im Hinblick auf die Erhöhung der Effizienz von elektrischen und elektronischen Geräten wäre allerdings eine auf die Produkte bezogene Ausgestaltung, wie sie als Alternative zu einer Elektroanwendungsverordnung teilweise empfohlen wurde, wirkungsvoller gewesen.

Die Beurteilung freiwilliger Vereinbarungen als Maßnahme zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Senkung der CO₂-Emissionen 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. Dies ist gerade im IuK-Bereich von Vorteil, wo sich Technologien, Angebot und Dienste relativ schnell verändern können und auch der strukturelle Wandel innerhalb der Geräte ausgeprägt ist. So können Funktionen, welche heute in verschiedenen Geräten angeboten werden, in ein Gerät integriert werden. Diese größere Flexibilität ist sicherlich auch ein wesentlicher Grund, warum sich freiwillige Vereinbarungen gerade bei IuK-Geräten so stark durchgesetzt haben. Als weiterer Vorteil wird der geringere administrative Aufwand angesehen (Thomas 2001).

Als ein 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. Dementsprechend wird auch die Effektivität freiwilliger Maßnahmen tendenziell geringer eingeschätzt als die ordnungsrechtlicher Regelungen über Mindeststandards (vgl. Tabelle 6.1-2). 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 bereits in den 90er Jahre entwickelt wurden. Insbesondere bei Verwendung von Schaltnetzteilen (SMPS, Switched Mode Power Supply) ist es möglich, den Strombedarf im Stand-by-Betrieb unterhalb von 0,5 Watt zu senken, wenn eine separate Schaltung zur Stromversorgung im Stand-by-Zustand integriert wird (vgl. z. B. Warmerdam 1999). Von daher sind die vereinbarten Zielwerte als vergleichsweise hoch anzusehen. Dies kann am Beispiel der Fernseher gut dokumentiert werden. Der derzeit gültige Mindesteffizienzwert für den Flottendurchschnitt der Neugeräte liegt bei 6 Watt, während der Durchschnitt der besten in der Schweiz verfügbaren Geräte bereits bei 0,8 Watt liegt (Toptest 2002).

Darüber hinaus werden die rechtliche Unverbindlichkeit von Selbstverpflichtungen und die Kontrolle der Einhaltung der Zielwerte (die allerdings auch bei ordnungsrechtlichen Maßnahmen ein nicht unerhebliches Problem darstellt) als Probleme angesehen. 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. So ist bis heute nicht dokumentiert, welche Hersteller der Selbstverpflichtung zur Energieeffizienz von Audio-Geräten beigetreten sind, die bereits im Jahr 2000 vom Europäischen Verband der Hersteller von Unterhaltungselektronik (EACEM) unterzeichnet wurde.

Bei einer geeigneten Ausgestaltung – d. h. insbesondere nicht zu moderaten Zielvorgaben, einem wirksamen Kontrollmechanismus der Zielerreichung, einer Einbeziehung der wesentlichen Hersteller sowie nach Möglichkeit auch rechtlicher Ver-

bindlichkeit – könnten freiwillige Vereinbarungen jedoch durchaus effiziente Maßnahme zur Erhöhung der Energieeffizienz bei elektrischen und elektronischen Geräten sein (vgl. Tabelle 6.1-2). Sie könnten dann eine Alternative zu einer ordnungsrechtlichen Regelung über Mindesteffizienz- bzw. Höchstverbrauchsstandards darstellen. Bei den oben beschriebenen Selbstverpflichtungen für Fernseher und Videorekorder, Audio-Geräte, digitale TV-Systeme und externe Netzteile sind die genannten Voraussetzungen allerdings nicht hinreichend erfüllt.

Energieverbrauchs- und Ökolabel

Neben freiwilligen Vereinbarungen spielen auch freiwillige Energieverbrauchslabel oder Ökolabel mit Einbezug des Energie- bzw. Stand-by-Verbrauchs eine wichtige Rolle bei der Erhöhung der Effizienz von elektrischen und elektronischen Geräten. 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 (siehe unten).

Während es sich bei der verpflichtenden Kennzeichnung in der Regel um vergleichende Informationslabel handelt, sind die freiwilligen Kennzeichnungen meistens als Qualitätslabel (endorsement oder quality label) ausgestaltet, das keine Angaben zur Höhe des Energieverbrauchs oder der Stand-by-Verluste enthält, sondern generell nur solchen Geräten verliehen wird, die bestimmte festgelegte Qualitätsanforderungen erfüllen. Neben den rein auf den Energieverbrauch abzielenden Labeln gibt es zahlreiche Öko- oder Umweltlabel, die neben den Umwelt- auch Energieeffizienzkriterien enthalten. Im Folgenden werden die für die Erhöhung der Energieeffizienz von IuK-Geräten in der EU und Deutschland wichtigsten freiwilligen Label kurz dargestellt⁸⁹.

Das weltweit wohl bekannteste und verbreitetste dieser freiwilligen Energie-Qualitätslabel ist der **Energy Star** aus den USA. Der Energy Star ist ein vom Department of Energy (DOE) und der Environmental Protection Agency (EPA) vergebenes Energieeffizienz-Label für elektrische und elektronische Geräte in Haushalten, Bürogeräte, Gebäude und Gebäudebestandteile, Heizungsanlagen und Klimatisierung sowie elektrische Haushaltsgeräte. Das Energy Star Programme startete 1992 und umfasst neben dem Label zahlreiche weitere informative und finanzielle Maßnahmen. Das Energy Star-Label dürfen solche Geräte tragen, die die festgelegten Minimumeffizienzstandards, die für die einzelnen Produkte unterschiedlich

⁸⁹ 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).

sind, unterschreiten. Typischerweise werden etwa ein Viertel der Modelle einer Produktklasse mit dem Energy Star ausgezeichnet. Die geltenden Mindeststandards werden von Zeit zu Zeit angepasst. Bei Geräten der IuK-Technologie beziehen sich die Anforderungen des Energy Star nicht auf den Verbrauch im Normalbetrieb, sondern im Bereitschaftsbetrieb (je nach Gerätetyp sleep-Modus oder Stand-by-Modus). Ein Nachteil am Energy Star ist, dass der Verbrauch im Schein-Aus-Zustand (off-Modus) nicht berücksichtigt wird. Außerdem sind die Anforderungen des Energy Star für viele IuK-Geräte geringer als bei anderen Qualitätslabeln wie dem Blauen Engel, dem EU-Umweltzeichen oder dem GEEA-Label (Thomas 2001). Allerdings laufen derzeit bei der EPA einige Aktivitäten bezüglich einer Erhöhung der Anforderungen. So sollen die Mindeststandards für Fernseher und Videorekorder (VCR und DVD) auf 1 Watt gesetzt werden, die für Computer-Monitore auf 2 Watt (Bertoldi et al. 2002).

Für den Energy Star spricht insbesondere seine weltweite Akzeptanz und Verbreitung insbesondere im Bereich der Bürogeräte. So hat Japan bereits im Oktober 1995 eine Vereinbarung mit der US-Regierung über die Übernahme des Energy Star Programms für Bürogeräte (PCs, Monitore, Drucker, Fax, Kopierer, Scanner und Multifunktionsgeräte) getroffen. Die Vereinbarung beinhaltet eine weitgehende Koordination der Programme und identische Produktspezifikationen (IEA 2000). Auch in Europa ist der Energy Star als Qualitätslabel im Bürogerätebereich, insbesondere bei PCs, schon weit verbreitet. Im Dezember 2000 schließlich wurde auch zwischen der Europäischen Kommission und der US-Regierung ein Abkommen über die Übernahme des Energy Star-Programms für Bürogeräte in der Europäischen Union unterzeichnet, das im Mai 2001 vom Rat gebilligt⁹⁰ wurde. Das Europäische Energy Star-Programm^{91, 92} umfasst die gleichen Gerätekategorien wie in Japan, die Beteiligung an diesem Programm ist freiwillig. Die Europäische Kommission nimmt an, dass durch das Energy Star-Programm ab dem Jahr 2015 jährliche Energieeinsparungen von 10 TWh erreicht werden, indem auf kosteneffiziente Art das Angebot und die Nachfrage energieeffizienter Bürogeräte in den Ländern der Europäischen Union stimuliert werden.

Die **Group for Energy Efficient Appliances GEEA** (vormals: GEA) ist ein Zusammenschluss von Energieagenturen aus mehreren EU-Ländern (Dänemark, Niederlande, Österreich, Finnland, Frankreich, Schweden), des European Energy Network (EⁿR), des Schweizerischen Bundesamtes für Energie sowie – als deutsches Mitglied – der Gemeinschaft Energielabel Deutschland (GED) mit dem Ziel, die Energieeffizienz von Geräten aus der Unterhaltungselektronik und Informations-

⁹⁰ Council Decision of 14 May 2001, O. J. No. L 172 of 26.06.2001 (<http://europa.eu.int/eur-lex>)

⁹¹ Regulation (EC) of the European Parliament and of the Council of 6 November 2001 No. 2422/2001, O.J. No. L 332 of 15.12.2001 (<http://europa.eu.int/eur-lex>)

⁹² <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/energystar/index.htm>

technologie zu verbessern. Für Geräte mit geringen Leerlaufverlusten aus diesen Bereichen vergibt die GEEA ein Energielabel. Geräte, die mit diesem Label ausgezeichnet werden, müssen bestimmte festgelegte Mindesteffizienzanforderungen im Leerlauf unterschreiten, wobei hier, anders als beim Energy Star, neben dem Verbrauch im Bereitschaftsbetrieb (passiver/aktiver Stand-by-Modus) auch Mindestanforderungen für den Schein-Aus-Zustand gemacht werden⁹³. Die Grenzwerte für das Label werden jährlich neu festgelegt, so dass jeweils 20-30 % der besten am Markt befindlichen Geräte aus einer Gerätegruppe ausgezeichnet werden. Die Anforderungen des GEEA-Labels gehen in der Regel über die des Energy Star hinaus.

Wichtige Impulse und Erfahrungen für die Entwicklung des GEEA-Labels kamen dabei aus der Schweiz, die im Rahmen ihres Energie 2000-Programmes bereits 1993 ein Qualitätslabel für energieeffiziente Geräte aus der Unterhaltungs- und Information-Elektronik einführte, das Energie 2000-Label. Dieses wurde jedoch 1999 abgeschafft und auch in der Schweiz durch das GEEA-Label ersetzt.

In Deutschland wird das GEEA-Label durch die **Gemeinschaft Energielabel Deutschland (GED)**⁹⁴ vergeben. Diese wurde 1997 von einigen Bundesländern gegründet (Gruber et al. 1999). Federführend war dabei das IMPULS-Programm Hessen, eine Weiterbildungsinitiative des hessischen Umweltministeriums; weitere Mitgliedsorganisationen sind zur Zeit die Energieagenturen in Berlin, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen, die Umweltbehörde in Hamburg, der Bund der Energieverbraucher, der BUND, der WWF, B.A.U.M sowie ASEW.

Während das GEEA-Label im Bereich der Bürogeräte in Europa mit dem Energy Star konkurriert, stellt es im Bereich der Unterhaltungselektronik eine wichtige Ergänzung dar. Ein entscheidender Pluspunkt des GEEA-Labels gegenüber dem Energy Star ist außerdem die Berücksichtigung des Schein-Aus-Verbrauchs bei der Vergabe des Labels.

Neben den rein auf den Energieverbrauch bezogenen Labels, die sich im Bereich der Unterhaltungs- und Informationselektronik jeweils nur auf den Leerlaufverbrauch der Geräte beziehen, gibt es auf der Ebene der EU und in allen EU-Ländern eine Vielzahl von Öko-Labels, die teilweise als ein Kriterium auch den Energieverbrauch beinhalten (einen ausführlichen Überblick geben Rubik/Scholl 2002). Die für Deutschland wichtigsten dieser Öko-Label sind das 1992 eingeführte **europäische Öko-Label (Eco-Flower)** sowie der bereits 1977 als weltweit erstes offizielles nationales Öko-Label eingeführte **„Blaue Engel“**⁹⁵, das wohl bekannt-

⁹³ Sie liegen für 2002 und 2003 für die meisten Geräte bei 0,5 W, die für die Vergabe des Labels zu unterschreiten sind. <http://www.efficient-appliances.org/criteria.htm>

⁹⁴ <http://www.energielabel.de>

⁹⁵ <http://www.blauer-engel.de>

teste Umweltzeichen in Deutschland. Es wird zur Zeit von etwa 3700 Produkten von rund 800 in- und ausländischen Herstellern getragen, unter anderem auch von Geräten aus dem IuK-Bereich. Wie die Energie-Qualitätslabel legen auch die Eco-Flower und der Blaue Engel für diese Geräte lediglich Anforderungen für den Leerlauf-Verbrauch fest, wobei, anders als beim Energy Star, zwischen dem Bereitschafts- und dem Schein-Aus-Zustand unterschieden wird. Anders als das europäische Öko-Label hat der Blaue Engel in Deutschland einen hohen Bekanntheitsgrad in Deutschland, rund 90 % der Bevölkerung kennen den Blauen Engel (Spiller 1999).

Für alle Qualitätslabel ist festzustellen, dass sie bei Geräten der Unterhaltungs- und Informationselektronik lediglich Anforderungen für den Energieverbrauch im Leerlauf festlegen, jedoch keinen für den Normalbetrieb dieser Geräte. Hier wären international koordinierte Ansätze wünschenswert, auch den Energieverbrauch im Normalbetrieb der Geräte zu berücksichtigen (Thomas 2001), zumindest bei den Geräten, bei denen der Verbrauch im Normalbetrieb große Bedeutung hat (insbesondere Fernseher, PCs, Monitore). Ein weiteres Problem ist die Vielfalt der bestehenden Qualitätslabel mit ihren häufig unterschiedlichen Anforderungen an die Energieeffizienz, die für die Käufer der Geräte verwirrend und nicht mehr überschaubar ist. Ansätze in Richtung auf eine Vereinheitlichung der Anforderungen wären hier wünschenswert. Wichtig ist insbesondere die explizite Berücksichtigung des Schein-Aus-Verbrauchs, die beim Energy Star bisher nicht gegeben ist.

Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass Qualitätslabeln eine sehr wichtige Informations- und Schnittstellenfunktion im gesamten Spektrum der Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz von elektrischen Geräten zukommt. Diese wird noch verstärkt durch die im Zusammenhang mit der Vergabe des Labels häufig erstellten umfangreichen Listen energiesparender Geräte, die heute in der Regel als Datenbanken über das Internet verbreitet werden und eine wichtige Informationsgrundlage für die Käufer darstellen. Zu nennen sind hier unter anderem die umfangreichen Datenbanken der GEEA⁹⁶ und der GED⁹⁷. Neu hinzugekommen ist in Deutschland eine seit Juli 2002 verfügbare Datenbank, die gemeinsam von der Berliner Energie-Agentur und der Deutschen Energie-Agentur betreut wird und energieeffiziente Haushaltsgeräte, Unterhaltungselektronik und Bürogeräte umfasst (www.energiesparende-geraete.de). Auch diese Datenbank orientiert sich bei der Auswahl der Geräte an den existierenden Energielabeln, dem EU-Label für Haushaltsgeräte, dem GEEA-Label und dem Energy Star. Die Datenbank wurde im Rahmen eines EU-Projektes entwickelt, die Daten werden zunächst in einer europäischen Datenbank gesammelt und dann von den beteiligten Partnerländern für das jeweilige Land auf nationaler Ebene verbreitet. Hinzu kommen die Datenbank des

⁹⁶ <http://www.efficient-appliances.org/mydb/applications.cfm>

⁹⁷ <http://www.energielabel.de>

Blauen Engel⁹⁸ sowie eine umfangreiche Datenbank der Verbraucherinitiative⁹⁹, die über alle wichtigen Öko- und Energielabel informiert.

In der Schweiz gibt es neben der GEEA-Liste¹⁰⁰ seit Mitte 2000 eine weitere Datenbank, die eine an Qualität, Gebrauchsfähigkeit, Umweltbelastung sowie Energieverbrauch orientierte Bestenliste für Produkte aus den Bereichen Beleuchtung, Büro, Haus, Haushalt, Mobilität, Ökostrom und Mobilität veröffentlicht, die regelmäßig aktualisiert wird (www.topten.ch). Die Auswahl stützt sich auf Warentests, Label, Warendecklarationen und eigene Auswertungen.

Internationale Initiativen

Als wichtige weltweite Initiative zur Reduzierung der Leerlaufverluste elektrischer Geräte ist zunächst 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)¹⁰¹. Dieses Ziel soll bis 2005 von 50 % der Geräte und bis 2010 von allen Geräten erfüllt werden. Dabei ist den Staaten selbst überlassen, mit welchen Maßnahmen sie dieses Ziel erreichen. Ähnliche Forderungen wurden bereits Anfang bis Mitte der 90er Jahre in der Schweiz und in den USA erhoben (Rath et al. 1999). 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. Auch die Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung (2002) fordert in ihrem Abschlussbericht eine Unterstützung dieser Initiative durch Deutschland, um die Stand-by-Leistung der entsprechenden Geräte unter die 1-Watt-Marke zu senken.

Der 1-Watt-Plan des LBNL wurde auch in der im Januar 1999 gestarteten **Stand-by Power Initiative** der IEA aufgegriffen¹⁰². Auch sie verfolgt das Ziel, den Stand-by-Verbrauch elektrischer Geräte auf 1 Watt zu begrenzen. Wesentliche Elemente dieser Initiative sind die Gründung von drei Task Forces, die sich mit den Möglichkeiten einer internationale Kooperation zur Erreichung dieses Zieles befassen, die Veranstaltung mehrerer Workshops sowie die Veröffentlichung von Studien zu diesem Thema (IEA 2000; IEA 2001). Im März 2002 wurde die IEA-Initiative mit dem „Energy Globe 2002“ ausgezeichnet.

⁹⁸ <http://www.blauer-engel.de>

⁹⁹ <http://www.label-online.de/>

¹⁰⁰ <http://www.energielabel.ch/>

¹⁰¹ Das LBNL veröffentlicht in diesem Zusammenhang auch eine Liste mit ausgewählten Geräten, mit einem Stand-by-Verbrauch von unter einem Watt.
<http://eetd.lbl.gov/EA/Standby/DATA/1WProducts.html>

¹⁰² <http://www.iea.org/standby/>

Die wesentlichen Elemente der **EU Stand-by Initiative**¹⁰³ wurden bereits beschrieben: der Abschluss freiwilliger Vereinbarungen mit Herstellern zur Begrenzung der Stand-by-Verluste sowie die Übernahme des amerikanischen Energy Star Programms.

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. Häufig werden beide Ziele verfolgt. Die Erhöhung der Energieeffizienz elektrischer Geräte kann sowohl Bestandteil allgemeiner Energie- oder Stromsparkampagnen sein, oder es werden spezielle Programme für diese Geräte durchgeführt. Auf erstere wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen¹⁰⁴.

Auf nationaler Ebene gab es in Deutschland erst eine größere Kampagne, die sich speziell auf die Leerlaufverluste elektrischer Geräte bezog. 1999 führte 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). Mit einer öffentlichkeitswirksamen Informationskampagne in zehn deutschen Städten sollte vor allem das Bewusstsein für stromsparendes Handeln unterstützt werden. Im Vordergrund der Kampagne standen die Aufklärung und Beratung der Nutzer über die Bedeutung des Stand-by-Stroms. Hinzu kamen räumlich begrenzte Aktivitäten einzelner Stadtwerke.

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)¹⁰⁵. Ziel der Kampagne „Aus. Wirklich aus?“ war es, die Verbraucher über Einsparmöglichkeiten beim Stand-by-Verbrauch von Geräten im Bereich Unterhaltungs-, Kommunikations- und Informationselektronik aufzuklären und auf ein geändertes Kauf- und Nutzungsverhalten hinzuwirken. Dies sollte jedoch nicht in erster Linie mit ökologischen Argumenten geschehen, sondern auf witzig-lockere Art („Sparen macht Spaß“) und mit Hinweis auf die monetären Einsparmöglichkeiten für die Verbraucher. Die Aktion

¹⁰³ http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/html/standby_initiative.htm

¹⁰⁴ Einen ausführlichen Überblick über die in den letzten Jahren in Deutschland auf nationaler, regionaler und kommunaler Ebene durchgeführten Aktionen – mit dem Schwerpunkt auf Verhaltensänderungen abzielenden Programmen – geben Brohmann et al. 2000 (Zielgruppe Haushalte) und Böde et al. 2000b (Zielgruppe GHD-Sektor).

¹⁰⁵ www.wirklich-aus.de

sollte sich bewusst jenseits der „Öko-Nische“ bewegen und gerade auch junge Menschen ansprechen. Die Kampagne nutzte ein breites Spektrum von Medien (Informationsbroschüren, Zeitungs-, Rundfunk-, Fernseh- und Kinowerbung) und bezog den Fachhandel ein. Zur Erfolgskontrolle wurde eine begleitende Evaluierung durchgeführt, auch vor dem Hintergrund, dass diese Kampagne Pilotcharakter für eine bundesweite Stand-by-Kampagne haben könnte. Die Ergebnisse waren sehr positiv im Hinblick auf die Wirksamkeit der Maßnahme. Allerdings ist noch nicht klar, wie nachhaltig die festgestellten Effekte sind.

Auch vor dem Hintergrund der positiven Ergebnisse der Kampagne in Schleswig-Holstein 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. So dürfte die nur auf ein relativ kleines Bundesland wie Schleswig-Holstein bezogene Stand-by-Kampagne, die sehr aufwändig angelegt war, Kosten in beträchtlicher Höhe verursacht haben.

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)¹⁰⁶. 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). Im Rahmen des Impuls-Programms Hessen wurden

¹⁰⁶ www.initiative-energieeffizienz.de

u. a. Fachveranstaltungen zur Stromeinsparung im Einzelhandel, bei Beleuchtung und Bürogeräten und ein Stromsparcheck für Gebäude durchgeführt (Gruber/Böde 2000a). Im Rahmen des Impuls-Programms „RAVEL NRW“ gab es ebenfalls Fachveranstaltungen zur rationellen Elektrizitätsverwendung bei Bürogeräten sowie zum Verkauf energieeffizienter Geräte (Gruber/Böde 2000b). Über direkte Auswirkungen der Impulsprogramme auf tatsächliche Verhaltensänderungen sind wegen der komplexen Wirkungszusammenhänge und der sehr unterschiedlichen behandelten Aspekte keine generellen Aussagen möglich. In der Schweiz geht man davon aus, dass die dort schon seit 1978 laufenden Programme zu einer generellen Erhöhung des Energiebewusstseins bei Planern, Handwerk und Anwendern geführt haben. Für Nordrhein-Westfalen und Hessen lässt sich aus den begleitenden Evaluierungen feststellen, dass sich die Impulsprogramme dort einen guten Ruf als qualitativ hochwertig und neutral erwarben und große Resonanz bei Veranstaltern, Zielgruppen und Fachleuten finden.

Interessant für den Bereich der Bürogeräte sind die im Rahmen des Impuls-Programms RAVEL NRW seit 1999 durchgeführten **E-Fit-Wochen**, für die inzwischen etwa die Hälfte der personellen Kapazitäten eingesetzt werden. Die Aktivitäten richten sich vor allem an die Beschäftigten im Bürobereich und die EDV-Verantwortlichen. Schwerpunkt sind verhaltensorientierte Maßnahmen zur Stromeinsparung. Die E-Fit-Wochen finden in den Unternehmen statt und umfassen ein breites Bündel an Bausteinen, die auf die Bedürfnisse der Arbeitsstätte zugeschnitten sind (diverse Informationsmaterialien, Rundgang durch Büros mit persönlicher Information und Beratung, Stromverbrauchsmessungen, Workshops, Preisrätsel, Ideenwettbewerbe u. ä.). Die Evaluierung dieser Aktion ergab eine hohe Bereitschaft, die empfohlenen Maßnahmen zur Stromeinsparung (Beleuchtung ausschalten, PC abends ausschalten, Bildschirm ausschalten, Geräte ganz ausschalten bzw. schaltbare Steckerleisten verwenden, Energiesparfunktion nutzen) während der E-Fit-Wochen und auch danach zu nutzen, d. h. eine relativ gute Langzeitwirkung der Maßnahmen. Auch das Verhalten im häuslichen Bereich konnte mit beeinflusst werden (Gruber 2001).

Auf Bundesebene gibt es bisher noch kein Impulsprogramm. Ausgehend von den positiven Erfahrungen in der Schweiz und in den Landesprogrammen empfiehlt die Enquete-Kommission Nachhaltige Entwicklung (2002) in ihrem Abschlussbericht jedoch die bundesweite Durchführung eines von Bund und Ländern gemeinsam finanzierten Programms „Rationelle und wirtschaftliche Verwendung von Elektrizität“ (RAWINE). Die Kosten dafür werden auf rund 25 Mio. € jährlich geschätzt. Die Federführung dieses Vorhabens könnte nach Vorschlag der Enquete-Kommission bei der dena liegen, unter Beteiligung der Landesenergieagenturen und möglicherweise auch der Elektrizitätswirtschaft.

Institutionen

Wie auch das Beispiel der Impulsprogramme zeigt, kommt Institutionen wie nationalen oder regionalen Energieagenturen eine große Bedeutung bei der Konzeption, Organisation, Koordination und ggf. auch Durchführung energiepolitischer Maßnahmen zur Förderung der rationellen Energie- und Stromnutzung 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 weitere Institutionen wie die GED, die Verbraucherzentralen, Landesgewerbeämter, der Bundesdeutsche Arbeitskreis für umweltbewusstes Management (B.A.U.M), die Bürger-Information Neue Energietechnik und Umwelt (BINE), der BUND, der WWF und einige mehr.

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 Trust¹⁰⁷ oder des dänischen Stromsparfonds¹⁰⁸. 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). Auch die Enquete Kommission Nachhaltige Entwicklung (2002) hat diese Vorschläge aufgegriffen und empfiehlt ebenfalls die Neueinrichtung einer solchen Institution als ein wichtiges Element in einer Strategie zur Verbesserung der Stromeffizienz. Hier könnte der Fonds wichtige Aufgaben in Bereichen übernehmen, die oben teilweise schon angesprochen wurden, die aber üblicherweise nicht von den klassischen

Energieagenturen abgedeckt werden, u. a.:

- Unterstützung des Aufbaus und Weiterentwicklung eines eigenständigen Marktes für Effizienzprodukte und -akteure;
- Durchführung von Beschaffungsauktionen von kleinen Einzelinvestitionen hocheffizienter Standardprodukte und Komponenten für Dienstleister, Großhändler und Hersteller sowie generell Koordination gemeinschaftlicher Beschaffungsaktivitäten;
- Entwicklung einer neuen Generation von Energieeffizienzprogrammen zur Beschleunigung der Markttransformation effizienter Geräte;
- Erarbeitung von Effizienzstandards und Labelling-Klassen für unterschiedliche Gerätegruppen;

¹⁰⁷ <http://www.est.org.uk>

¹⁰⁸ <http://www.elsparefondene.dk>

- Initiierung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur weiteren Verbesserung der Stromeffizienz.

Dieser Energieeffizienzfonds sollte nach den vorliegenden Vorschlägen als unabhängige öffentlich-rechtliche Einrichtung konzipiert werden. Seine Finanzierung könnte aus Bundesmitteln erfolgen (z. B. aus dem Aufkommen der Ökosteuer) oder auch aus einem gesetzlich festgeschriebenen Zuschlag auf die Netznutzungsentgelte der Stromnetzbetreiber.

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

7.1 Wesentliche Ergebnisse und Schlussfolgerungen

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 (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 2001). Rund 50 % des Strombedarfs entfallen dabei auf die Haushalts-Endgeräte, weitere gut 20 % auf die Büro-Endgeräte, der Rest auf die gebäudeinterne Infrastruktur in Haushalten (9 %) und Büros (14 %) sowie die Infrastruktur der Telekommunikationsunternehmen mit 6 %. Bis 2010 wird mit einem deutlichen Anstieg des Strombedarfs um 45 % auf 55,4 TWh gerechnet. Dieser Anstieg wird verursacht von einer zunehmenden Bedeutung der IuK-Infrastruktur, insbesondere im Büro- und Telekommunikationsbereich und geht einher mit einem rückläufigen Anteil der IuK-Endgeräte (auf 45 % im Haushalts- und 14 % im Bürobereich).

Auch bei der Bedeutung der drei hier unterschiedenen Betriebszustände sind zwischen 2001 und 2010 deutliche Veränderungen zu erwarten. Der Zuwachs des Energiebedarfs wird nahezu ausschließlich durch einen Verbrauchsanstieg im Normalbetrieb verursacht, während der Verbrauch im Bereitschaftsbetrieb trotz eines deutlich wachsenden Gerätebestandes nur mäßig um 8 % ansteigt und im Schein-Aus-Zustand sogar um rund 22 % zurückgeht. Beim Bereitschaftsbetrieb zeigen damit die bereits erfolgten Bemühungen um eine Erhöhung der Energieeffizienz wenigstens eine abmildernde Wirkung auf den Zuwachs des Strombedarfs, während die rückläufige Bedeutung des Schein-Aus-Zustands weniger auf Effizienzanstrengungen als auf eine erwartete Substitution des Schein-Aus- durch den Bereitschaftsbetrieb (insbesondere bei Fernsehern) zurückzuführen ist.

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 dürften 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 61 % des gesamten Strombedarfs für IuK-Anwendungen entfallen werden.

Bei den Einsparoptionen und -potenzialen, die über die insbesondere beim Bereitschaftsbetrieb bis 2010 bereits zu erwartenden Effizienzsteigerungen hinaus beste-

hen, ist ebenfalls zwischen den verschiedenen Betriebszuständen zu differenzieren. Für den Schein-Aus-Zustand besteht die technische Möglichkeit, den hier anfallenden Strombedarf, der im Jahr 2010 immerhin noch 2 TWh ausmacht, durch technische Möglichkeiten völlig zu vermeiden. Die bei den Herstellern für den dazu notwendigen Einbau netztrennender Schalter anfallenden Kosten liegen dabei unter denen, die Haushalte für den Erwerb schaltbarer Steckdosenleisten aufwenden müssten und auch unterhalb der vermiedenen Kosten für im Schein-Aus-Zustand verwendeten Strom. Das durch eine weitere Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb erzielbare Einsparpotenzial wird im Jahr 2005 auf ca. 2,6 TWh und bis 2010 auf ca. 4,0 TWh pro Jahr geschätzt. Davon entfallen rund drei Viertel auf den Bereich der Haushalts-Endgeräte, der Rest etwa gleich verteilt auf Büro-Endgeräte und die Haushalts-Infrastruktur.

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 eine detaillierte Übersicht über die einzelnen Geräteklassen erforderlich. Nach ihrer Bedeutung für den Gesamtverbrauch des IuK-Bereichs wurden in dieser Studie folgende relevante Einsparpotenziale für den Normalbetrieb identifiziert:

- *Fernseher*: im Jahr 2005 eine TWh und bis 2010 drei TWh pro Jahr durch stärkere Substitution von Kathodenstrahl- durch LCD-Fernseher oder aber eine knappe 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 weitmöglichste 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.

Ein häufig diskutiertes Thema sind die durch IuK-Anwendungen erzielbaren Energieeinsparungen in anderen Verbrauchsbereichen. Diese Fragestellung wurde in dieser Untersuchung für die Bereiche Vernetztes Haus, Telearbeit und E-Commerce bearbeitet:

- Beim Vernetzten Haus steht dem Mehrbedarf an Strom ein verminderter Wärmebedarf durch eine bessere Heizungssteuerung gegenüber. Der Nettoeffekt dürfte zwar leicht zu Gunsten der Energieeinsparung ausfallen, die Hausvernetzung dürfte aber nach heutigem Wissenstand kein Treiber zur Erhöhung der Energieeffizienz in Gebäuden sein.
- Eine Zunahme der Telearbeit dürfte für die meisten Verbrauchsbereiche (Strombedarf für IuK-Anwendungen sowie indirekte Auswirkungen auf Beleuchtung, Raumwärme, Warmwasser und Kochen) überwiegend eine Verbrauchsverlagerung von den Büros in die privaten Haushalte bewirken. Lediglich durch die erwartete Verringerung der Verkehrsleistung ist mit einer Netto-Energieeinsparung zu rechnen.
- Durch E-Commerce sind insbesondere Auswirkungen auf den Energiebedarf des Verkehrs zu erwarten. Die Richtung dieser Auswirkungen ist jedoch bei heutigem Wissensstand nicht eindeutig zu bestimmen. Außerdem könnten mögliche Flächenreduktionen im Handel zu einem veränderten Energiebedarf führen.

Das in Kapitel 5 entwickelte Frühwarnsystem gibt grundsätzlich die Richtung der Ergebnisse wieder, die mit der Bottom-up-Analyse und Projektion des Strombedarfs der IuK-Geräte erstellt wurden. Damit kann das Frühwarnsystem als verwendbares Instrument zur Beobachtung des Energiebedarfs dieser Technologien eingeschätzt werden. Allerdings zeigen sich in der von den Projektarbeitern erstellten Fassung in Teilaspekten auch andere Tendenzen als die 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 werden, belegen den eigenständigen Nutzen des Frühwarnsystems.

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.

7.2 Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Schein-Aus-Zustand

Für Neugeräte wird empfohlen, eine vollständige Vermeidung der Leistungsaufnahme im Schein-Aus-Zustand anzustreben. Die bei den Herstellern anfallenden Mehrkosten für den Einbau von netztrennenden Schaltern dürften je nach geschalteter Maximalleistung bei maximal €2,50, häufig jedoch um €1 liegen und damit nicht als übermäßig hoch einzuschätzen sein. 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. Beim GEEA-Label ist dies bereits der Fall, bei dem für Bürogeräte mittlerweile weltweit führenden Energy Star jedoch nicht. Eine Minimalforderung wäre der Hinweis in der Gerätebeschreibung zum Auftreten dieses Zustands.

Für den Bestand bzw. wenn sich für Neugeräte in absehbarer Zeit keine Lösung findet – ein starkes Hemmnis ist hier sicherlich das weltweite Agieren der meisten Hersteller – bietet sich als wirksamste Möglichkeit zur Verminderung des Strombedarfs im Schein-Aus-Zustand eine breite Anschaffung und Nutzung schaltbarer Steckerleisten in Haushalten und Büros an, was auf nationaler Ebene zu erreichen wäre. Diese Maßnahme ist allerdings mit einmaligen Anschaffungskosten von durchschnittlich etwa 5 € pro Steckerleiste verbunden, die sich jedoch bei einigen Geräten und insbesondere bei der Schaltung mehrerer Geräte mit einer Leiste (vor allem bei PCs und begleitenden Geräten oder Stereoanlagen) in 1-2 Jahren durch die erzielten Stromeinsparungen amortisieren dürften. Eine weitgehende Verbreitung der Nutzung von schaltbaren Steckerleisten lässt sich allerdings nur mit ergänzenden informativen Maßnahmen erreichen, die wiederum mit Kosten verbunden sind, in diesem Fall für den Staat. Zu denken ist hier im Haushaltsbereich an Informationskampagnen zum Stand-by-Verbrauch (wie die Stand-by-Kampagne der Energienstiftung Schleswig-Holstein) und im Bürobereich auch an Beratungs- und Weiterbildungsprogramme, die sich sowohl an die EDV-Verantwortlichen in den Betrieben als auch an die Nutzer der Geräte richten (wie beispielsweise die E-Fit-Wochen im Rahmen des Impuls-Programms “RAVEL NRW”). Die Bedeutung schaltbarer Steckerleisten könnte jeweils einen Teilaspekt dieser Informationsaktivitäten darstellen.

Das von Herstellern gelegentlich empfohlene Herausziehen des Netzsteckers zur Vermeidung des Schein-Aus-Verbrauchs erscheint als umfassende Maßnahme wenig hilfreich und stellt höchstens für Zeiten längerer Abwesenheit wie Urlaub eine Reduktionsmöglichkeit dar.

7.3 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 Geräthenutzer abzielen. Verhaltensmaßnahmen kommt allerdings im Bereich der IuK-Geräte eher eine ergänzende Funktion zu.

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. Als wichtige Beispiele sind hier solche Geräte zu nennen, die im Betrieb auf eine Festplatte zugreifen (insbesondere PCs) und auch solche, die zum Betrieb eine Mindesttemperatur benötigen (wie Kopierer). Für solche Geräte ist auch die Förderung technischer Lösungen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Bereitschaftsbetrieb mittels geeigneter politischer Maßnahmen wie der F&E-Förderung oder des Technology Procurement sinnvoll. Als Beispiel ist hier die erfolgreiche Entwicklung und Markteinführung von zwei Kopierern mit deutlich reduziertem Energieverbrauch im Rahmen des DSM-Programms der IEA hervorzuheben.

Eine schnellere Marktdurchdringung solcher hocheffizienter Geräte ließe sich zum einen durch eine weitere Verschärfung der derzeit schon bestehenden Selbstverpflichtungen auf EU-Ebene sowie der in den heute verbreiteten Qualitätslabeln enthaltenen Mindesteffizienzanforderungen erreichen. Zu denken ist hier insbesondere an den Energy Star, der zumindest für Bürogeräte das weltweit führende Qualitätslabel darstellt und gerade im Bereich der Personalcomputer eine hohe Akzeptanz findet. Bei Personalcomputern orientieren sich die als sehr hoch anzusehenden Leistungswerte im Bereitschaftsbetrieb an der maximalen Dauerleistung des Netzteils des Gerätes, die erheblich höher ist als die tatsächliche Leistungsaufnahme im

Normalbetrieb. Die im Energy Star zulässigen Leistungsaufnahmen in dem dort als „sleep-mode“ bezeichneten Bereitschaftsbetrieb liegen mit 20 bis 30 W lediglich um die Hälfte unter der Leistungsaufnahme im Normalbetrieb. Auch die in den EU-Selbstverpflichtungen vereinbarten Zielwerte für Stand-by sind als vergleichsweise hoch anzusehen, wenn man berücksichtigt, dass technische Lösungen zur Reduzierung des Strombedarfs im Stand-by-Betrieb bereits in den neunziger Jahre entwickelt wurden. Insbesondere bei Verwendung von Schaltnetzteilen (SMPS, Switched Mode Power Supply) ist es möglich, den Strombedarf im Stand-by-Betrieb auf weniger als 0,5 W zu senken, wenn eine separate Schaltung zur Stromversorgung im Stand-by-Zustand integriert wird. Wenn die bisher verwendeten Instrumente auf freiwilliger Basis jedoch nicht zu einer hinreichenden Minderung des Strombedarfs im Bereitschaftsbetrieb führen, könnte mit dem Einsatz von ordnungsrechtlichen Instrumenten wie verpflichtenden Energielabeln oder in einigen Fällen auch Mindesteffizienzstandards eine stärkere Wirkung erzielt werden¹⁰⁹.

Eine weitere Möglichkeit zur Förderung der Marktdurchdringung effizienter IuK-Geräte ist die gemeinschaftliche Beschaffung solcher Geräte. Das Market Procurement bietet sich in erster Linie für Bürogeräte an. Hier gibt es in einigen Ländern wie den USA oder Dänemark schon seit einigen Jahren Vorgaben bzw. freiwillige Vereinbarungen zur Beschaffung energieeffizienter Bürogeräte im öffentlichen Sektor, die auch für Deutschland interessant sein könnten. Grundlage für die Auswahl der Geräte sind im Regelfall Qualitätslabel wie der Energy Star. Je strenger deren Anforderungen, desto größer ist auch der Erfolg von Procurement-Aktivitäten. Auch wenn dem Staat auf Grund seines hohen Gerätebedarfs in öffentlichen Einrichtungen und auch generell eine Vorreiterrolle beim Market Procurement zukommt, lassen sich solche Aktivitäten generell auch im privaten Sektor durchführen. Ein auch für Deutschland möglicherweise interessanter Ansatz ist die in der Schweiz existierende „Liste fortschrittlicher Einkäufer“, die sich verpflichten, nur Bürogeräte mit Qualitätslabel zu kaufen. Diese Liste wird veröffentlicht, was zum Image der entsprechenden Firmen und öffentlichen Einrichtungen beiträgt.

Eine ergänzende Rolle bei der Verminderung des Strombedarfs im Bereitschaftsbetrieb von IuK-Geräten können Verhaltensänderungen bei den Gerätenutzern spielen. Hier gibt es insbesondere im Bürobereich noch vielfältige Möglichkeiten, wie das Abschalten der Bürogeräte in Pausen und nach der Arbeitszeit (insbesondere auch solcher Geräte wie Kopierer und Drucker, die von mehreren genutzt werden), das Einsetzen von Schaltuhren, die Verwendung einfacher Bildschirmschoner oder die stärkere Nutzung des Powermanagement. Eine stärkere Ausschöpfung dieser Verhaltenspotenziale erfordert allerdings ergänzende Maßnahmen in Form von Informations-, Beratungs- und Weiterbildungsprogrammen. Ansätze dazu gibt es in Deutschland insbesondere im Rahmen der Impulsprogramme in einigen Bundeslän-

¹⁰⁹ Vgl. Kapitel 6 und dort auch die Diskussion der Vor- und Nachteile freiwilliger und ordnungsrechtlicher Instrumente.

dern, die weiter ausgedehnt werden sollten. Im Haushaltsbereich ist vor allem das Ausschalten von Geräten der Unterhaltungselektronik wie Fernsehern oder Stereoanlagen mittels des Schaltknopfes (falls vorhanden) eine geeignete Maßnahme. Hemmnisse gibt es hier bei Geräten, bei denen durch das Ausschalten Funktionen verloren gehen. Diese Probleme wären aus technischer Sicht durchaus vermeidbar. Weitere Hemmnisse gibt es aber auch bei Fernsehern, da das Ausschalten der Geräte mittels Schaltknopf herstellerseitig nicht immer vorgesehen zu sein scheint, weshalb diese Teile bei häufiger Nutzung ausfallen können und Händler von der Nutzung des Schaltknopfes abraten. Eine Beseitigung solcher unnötigen Hemmnisse wäre wünschenswert. Generell lässt sich auch im Haushaltsbereich eine stärkere Ausschöpfung der verhaltensbedingten Einsparpotenziale nur durch weitere informative Maßnahmen im Rahmen von Informationskampagnen auf nationaler oder regionaler Ebene erreichen.

7.4 Empfehlungen zur Verminderung des Energiebedarfs im Normalbetrieb

Die hier gegebenen 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 sowie die Infrastruktur der Mobilfunkanbieter, die Kommunikations-Infrastruktur der Haushalte sowie die Internet-Infrastruktur.

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung wird der Energiebedarf von Fernsehern in Deutschland von 6,8 TWh im Jahr 2010 auf 10,8 TWh im Normalbetrieb anwachsen und umfasst damit fast ein Fünftel des gesamten Energiebedarfs im IuK-Bereich. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass sich bisherige Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz von Fernsehern (freiwillige Selbstverpflichtungen, freiwillige Qualitätslabel) lediglich auf den Bereitschaftsbetrieb beziehen. Auf Grund dieser großen Bedeutung für den Energiebedarf ist eine rasche Ausdehnung des verpflichtenden EU-Energieverbrauchslabells auf Fernseher angeraten. Ergänzend dazu sollte auch eine Mindesteffizienzverordnung für Fernseher in Erwägung gezogen werden. Die von der EU geplante Revision der Rahmenrichtlinie 92/75/EC zur Energieverbrauchskennzeichnung sowie die ebenfalls geplante Rahmenrichtlinie zu Minimum-Effizienzstandards für elektrische und elektronische Endgeräte böten dazu auch die notwendigen rechtlichen Voraussetzungen. 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. Verpflichtende oder freiwillige Label, die auch Hinweise auf den Verbrauch im Normalbetrieb geben, stellen außerdem eine wichtige Entscheidungshilfe bei Anschaffungen dar, da sie es ermöglichen Geräte zu identifizieren, die für auch im Normalbetrieb ein hohes Maß an Energieeffizienz aufweisen. Diese Informationen könnten auch noch in anderer Weise genutzt werden: wie für Datenbanken energieeffizienter Geräte, die bisher – außer bei den großen elektrischen Haushaltsgeräten – überwiegend Angaben zum Leerlaufverbrauch enthalten oder bei gemeinschaftlichen Beschaffungsaktivitäten energieeffizienter Geräte.

Bei Infrastrukturgeräten wie Servern oder der Mobilfunkinfrastruktur 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 und die Ergebnisse und Erfahrungen in der Branche beispielsweise durch Seminare und Workshops weiter zu verbreiten, da hier bei den Fachleuten oft große Sicherheitsbedenken bestehen. Die Einführung von Energie-Labeln bei Servern wird als kaum durchführbar eingeschätzt, da die Produktdifferenzierung sehr groß ist und die Nutzleistung bisher nicht einheitlich gemessen werden kann und damit eine Bezugsgröße fehlt. 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 eingegangen sind.

Im Bereich der Mobilfunk-Infrastruktur konnten keine technischen Verbesserungen identifiziert werden, die zu einer Steigerung der Energieeffizienz beitragen könnten, was jedoch keinesfalls bedeutet, dass keine Effizienzsteigerungen durch eine weitere technologische Entwicklung möglich sind. Die durch die Knappheit an Übertragungsfrequenzen mit verursachte hohe Dichte an Sendeanlagen für den Mobilfunk

könnte durch eine zusätzliche Vergabe von Frequenzen in einigen Fällen verringert werden. Allerdings konnte die Wirkung dieser Option auf den Energiebedarf bisher nicht geklärt werden. Daher scheint es angeraten hier zunächst detailliertere Erkenntnisse zu sammeln, bevor diese wettbewerbs- und lizenzrechtlich schwierige Maßnahme umgesetzt werden sollte.

7.5 Generelle Empfehlungen

Auf die wichtige Bedeutung von *Energielabeln* 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. Für Bürogeräte scheint sich nun auch in Europa der Energy Star als führendes Qualitätslabel durchzusetzen. Eine Verschärfung der Anforderungen für einzelne Geräte, vor allem PCs, sowie eine Ergänzung um weitere Komponenten, wie sie in anderen Qualitätslabeln zumindest teilweise enthalten sind (Normalbetrieb, Schein-Aus), wird damit um so wichtiger. Generell ist der Informationsgehalt vergleichender Informationslabel wie das EU-Energieetikett höher als der von Qualitätslabeln, mit denen lediglich eine ganze Gruppe „guter“ Geräte ausgezeichnet wird, ohne jedoch genaue Hinweise auf die tatsächliche Leistungsaufnahme zu geben. Eine Ausdehnung des mittlerweile gut eingeführten EU-Energieetiketts mit den breit bekannten Effizienzklassen A bis G auf einzelne Geräte aus dem IuK-Bereich (insbesondere Fernseher, aber auch Monitore und ggf. Audio-Geräte) wäre vermutlich wirkungsvoller als die Verwendung des Energy Star mit seinen vergleichsweise schwachen Grenzwerten und daher bevorzugt zu empfehlen.

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 Stromsparfonds zukommen. Mit diesem Fonds könnten insbesondere gemeinschaftliche Beschaffungsaktivitäten initiiert und koordiniert, Energieeffizienzprogrammen zur Beschleunigung der Markttransformation effizienter Geräte entwickelt, zu der Erarbeitung von Effizienzstandards und Labelling-Klassen für unterschiedliche Gerätegruppen beigetragen sowie F&E-Aktivitäten zur weiteren Erhöhung der Stromeffizienz initiiert werden. Die Finanzierung dieser Einrichtung, die in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten empfohlen wurde, könnte aus Bundesmitteln oder auch – wie von der Enquête-Kommission „Nachhaltige Entwick-

lung“ vorgeschlagen - durch einen Zuschlag auf die Netznutzungsentgelte der Stromnetzbetreiber erfolgen.

Eine ähnliche Querschnittsfunktion speziell für den Bürobereich könnte eine Ausdehnung der bisher in einigen Bundesländern durchgeführten *Impulsprogramme* zur Weiterbildung auf dem Gebiet der Energieeffizienz zukommen. Bei einer eventuellen bundesweiten Ausdehnung dieser Programme, wie sie ebenfalls von der Enquête-Kommission „Nachhaltige Entwicklung“ empfohlen wird, ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Organisation bevorzugt auf Bundesländerebene erfolgen sollte, weil die Infrastruktur, Referenten und Vermarktungsbasis oft sehr unterschiedlich sind. Die Inhalte der Programme könnten jedoch sehr ähnlich sein.

Nicht nur für private Verbraucher, sondern auch für Betriebe in Gewerbe, Handel und Dienstleistung spielen persönlichen Kommunikation und Überzeugung eine zentrale Rolle. Daher kommt Multiplikatoren, wie etwa den Branchenverbänden, wegen ihrer guten Beziehungen zu den Betrieben eine wichtige Bedeutung zu. Sie können ihre Klientel in ihren Veranstaltungen und Mitteilungen für das Thema sensibilisieren, publizistische Unterstützung leisten, z. B. durch Darstellung erfolgreicher Beispiele, kooperative Beschaffung energieeffizienter Geräte initiieren und die Beratungsnachfrage wecken.

Die 1999 in Deutschland eingeführte und seither zumindest auf Strom und Treibstoffe regelmäßig erhöhte *Ökosteuer* sollte als wichtige unterstützende Maßnahme zur generellen Erhöhung der Energieeffizienz elektrischer Geräte beibehalten und kontinuierlich erhöht werden. Ab 2003 könnten dann aus dem Aufkommen der Ökosteuer auch einige der hier vorgeschlagenen Maßnahmen wie die Gründung eines Energieeffizienzfonds oder eine Ausdehnung der Impulsprogramme finanziert werden. 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.

7.6 Weiterer Forschungsbedarf

Neben diesen generellen und speziell auf die verschiedenen Betriebszustände bezogenen Empfehlungen haben sich bei der Bearbeitung dieser Studie einige Fragestellungen ergeben, die nicht abschließend geklärt werden konnten. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Ein großes Problem stellte die für manche der betrachteten Einsatzbereiche sehr *schlechte Datenlage* über Bestand und Nutzung von IuK-Techniken dar. Ein wichtiger Grund hierfür ist das sehr unterschiedliche Erkenntnisinteresse verschiedener Akteure (Hersteller, Handel, Wirtschafts- und Verbraucherverbände etc.) und vor-

liegender Studien. Diese teilweise sehr unsichere Datenlage im Bestandsbereich stellt auch einen wesentlichen Grund für z. T. stark abweichende Ergebnisse verschiedener Studien zum Energiebedarf im IuK-Bereich dar, da die Ermittlung von Daten zwangsläufig auf relativ unsicheren Schätzungen beruht.

Am gravierendsten sind die Lücken im Bereich der Netzwerkinfrastruktur in Unternehmen. Hier besteht ein besonders dringender Forschungsbedarf, insbesondere angesichts der stark ansteigenden Bedeutung dieses Bereichs für den Energiebedarf. Um genauere Bestandszahlen zu ermitteln, müsste eine repräsentative Befragung durchgeführt werden, um u. a. folgende Größen zu ermitteln: Branchenzugehörigkeit, Beschäftigtenzahl (oder andere Kenngröße zur Unternehmensgröße), Anzahl der Computerarbeitsplätze, Anzahl Server in bestimmten Größenklassen, Anzahl der installierten aktiven und passiven Netzwerkkomponenten und deren Austauschrate, Vorhandensein und Größe einer unterbrechungsfreien Stromversorgung, Klimatisierung der Serverräume etc. Aus solchen Daten könnten bessere Verfahren entwickelt werden, um die Entwicklung in diesem Bereich genauer abzubilden. Eine Aktualisierung dieser Werte wäre dann mit deutlich geringerem Aufwand verbunden und könnte Basis einer regelmäßigen Berichterstattung zum Energieverbrauch durch IuK-Technik im gewerblichen Umfeld sein.

Für den Bereich der privaten Haushalte liegen aus der Medienforschung sehr umfangreiche Daten über das individuelle Nutzungsverhalten elektronischer Medien vor. Es ist vielfach aber kaum möglich, aus diesen Daten Aussagen über die tatsächliche Betriebsdauer und die Betriebszustände gemeinsam genutzter Geräte abzuleiten. Auch über die Altersstruktur von IuK-Geräten ist wenig bekannt¹¹⁰. Solche Daten wären aber für eine genauere Abschätzung der zeitlichen Entwicklung des Energieverbrauchs der installierten Gerätebasis sehr sinnvoll.

Ein weiteres Problem stellte die in den einzelnen Studien sehr unterschiedliche Definition des Begriffes „Stand-by-Verbrauch“ dar. Bisher gibt es noch keine einheitliche Definition der einzelnen Betriebszustände. Dies erschwerte auch die Zuordnung der Messwerte aus der Literatur auf die in dieser Studie unterschiedenen Betriebszustände „Bereitschaft“ und „Schein-Aus“. Eine Vereinheitlichung der Begriffsbildung wäre in jedem Fall wünschenswert.

Auch die möglichen Auswirkungen von IuK-Anwendungen auf andere Energieverbrauchsbereiche wie Raumwärme oder den Verkehr konnten in dieser Untersuchung nicht abschließend geklärt werden. Wie anhand der hier untersuchten Beispiele gezeigt wurde, sind insbesondere Einsparungen im Verkehrssektor denkbar. Diese bedürfen jedoch noch eingehender Untersuchung.

¹¹⁰ Untersuchungen zu diesem Thema werden zwar im Auftrag von Geräteherstellern mit einem Fokus auf Marketinginteressen durchgeführt (z. B. GfK Panel Telekommunikation), die Ergebnisse sind aber in der Regel entsprechend vertraulich.

8 Literatur

- @facts monthly (1998ff.): Monatliche Umfrage zur Online-Nutzung im Auftrag von SevenOne Interactive, durchgeführt von Forsa
- @facts; MediaDigital; Forsa (2001): Internet-Muffel. Sonderauswertung @facts 2001
- ACTA (1997ff.). Allensbach Computer- und Telekommunikationsanalyse. Berichtsbände. Allensbach am Bodensee: Institut für Demoskopie Allensbach
- Aebischer, B., (1993): Zentrale Rechenanlagen. In Strom rationell nutzen. Ravel Handbuch. Bundesamt für Konjunkturfragen (Herausgeber). Vdf-Verlag, Zürich, 1992. (ISBN 3 7281 1830 3)
- 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
- Aebischer, B., et al., (2002b): Energy Efficiency Indicator for High Electric-Load Buildings. The Case of Data Centres. Proceedings "IEECB 2002. 2nd International Conference on Improving Electricity Efficiency in Commercial Buildings". Nice, 27-29 mai 2002, Ademe (Edt.), France
- Aebischer, B., A. Huser et al., (2002c): Energy Efficiency of Power Supplies. Study co-financed by the Swiss Federal Office of Energy and the Canton of Geneva, 2002 http://www.cepe.ch/download/cepe_rp/CEPE_RP3.pdf (in German, with English summary)
- Aebischer, B., et al. (2002d): CO₂-Reduktionspotential Erdgas. Projektphase 1: Referenzszenario. Zürich, 16. April 2002
- Aebischer, B., R. Frischknecht et al., 2002: Energy- and Eco-Efficiency of Data Centres. (to be published in January 2003)
- AGEB (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen) (2001): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2000. Stand: September 2001. Berlin, Köln: DIW, AGE

- 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
- BAC (1998). Der Markt für Informationstechnologie: Die vernetzte Gesellschaft. München: Focus Magazin Verlag. <http://www.medialine.de/marktanalysen>
- BAC (1999a). Der Markt der Telekommunikation. Daten, Fakten, Trends. München: Focus Magazin Verlag
- BAC (1999b). Status Quo und Perspektiven: Telekommunikation - Mobilfunk, GPRS, UMTS. München: Focus Magazin Verlag.
<http://www.medialine.de/marktanalysen>
- BAC (2000a). Der Markt für Foto und Video: Fakten 2000. München: Focus Magazin Verlag. <http://www.focus.de/marktanalysen>
- BAC (2000b). Der Markt für Telekommunikation: Fakten 2000. München: Focus Magazin Verlag. <http://www.medialine.de/marktanalysen>
- BAC (2001a). Der Markt für Unterhaltungselektronik: Daten, Fakten, Trends. München: Focus Magazin Verlag. <http://www.medialine.de/marktanalysen>
- BAC (2001b). Der Markt für Unterhaltungselektronik: Fakten 2001. München: Focus Magazin Verlag. <http://www.medialine.de/marktanalysen>
- BAC (2001c). Der Markt für Computer-Hard- und Software: Daten, Fakten, Trends. München: Focus Magazin Verlag. <http://www.medialine.de/marktanalysen>
- BAC (2001d). Der Markt für Online-Kommunikation: Fakten 2001. München: Focus Magazin Verlag. <http://www.medialine.de/marktanalysen>
- Bach, S. et al. (2001): Die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der ökologischen Steuerreform. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Finanzen. Berlin: DIW, März 2001
- 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

- BBC News Online (3.9.2001): NTT DoCoMo unveils 3G package.
<http://news.bbc.co.uk/>
- 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
- Beckert, Bernd (2002): Medienpolitische Strategien für das interaktive Fernsehen: Eine vergleichende Implementationsanalyse. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag
- Bertoldi, P., Aebischer, B. et al. (2002): Standby Losses: How Big is the Problem? What Policies and Technical Solutions Can Address It? Paper to be presented at ACEEE Summer Study 2002
- BfS, 2002: Indikatoren zur Informationsgesellschaft. Bundesamt für Statistik, Bern, 2002
- Biersack, W.; Dostal, W.; Parmentier, K.; Pflicht, H.; Troll, L. (2001). Arbeitssituation, Tätigkeitsprofil und Qualifikationsstruktur von Personengruppen des Arbeitsmarktes. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, 248)
- Birbacher, A. (2002): Entwicklungstrends bei Leistungsanforderungen von Serverparks. Bonn: RZ-Plan GmbH
- 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

- BMV; BMWi; BMBF (2001). Auswirkungen neuer Informations- und Kommunikationstechniken auf Verkehrsaufkommen und innovative Arbeitsplätze im Verkehrsbereich. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Bildung und Forschung
- 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
- Bodmer, J. (1999): mündliche Mitteilung am 6.12. 1999
- Boonekamp, P.G.M., Jeeninga, H., Heinink, H.: Effectiviteit energiepremies. Analyse voor het huishoudelijk verbruik tot 2010. ECN-Beleidsstudies: Petten, Mai 2000
- 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
- Brown, E. et al., 2001: An ACEEE White Paper: Overview of Data Centres and their Implications for Energy demand. Washington DC, September 2001
- Brunner, C. U. et al. (2001): Energieeffizienz bei Elektrogeräten. Wirkung der Instrumente und Maßnahmen. Bern: Bundesamt für Energie, August 2001
- Bucher, U., 2002: Hosting. Präsentation am Seminar "Site-Performance, PC-Cluster, Hosting". Internet Expo 02, 6.-8. Februar, Zürich
- Büllingen, F.; Stamm, P. (2001). Entwicklungstrends im Telekommunikationssektor bis 2010. Bad Honnef: WIK Wissenschaftliches Institut für Kommunikationsdienste
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2000): Bundesbericht Forschung 2000. Bonn: Oktober 2000 <http://www.bmbf.de>

- Bush, E. (1998): Datenerhebung Elektrogeräte. Bundesamt für Energie (Hrsg.). Bern
- Bush, G. (2001): Executive Order 13221: Energy Efficient Standby Power Devices. July 31. <http://www.whitehouse.gov/new/releases/2001/07/20010731-10.html>
- BVT (2001). Geschäftsbericht 2000/2001. Köln: Bundesverband Technik des Einzelhandel
- Christodoulou, K.; Jensen, K.; Vlahos, K. (1999): Using Object-Oriented Simulation to Explore Substitution Between Technologies: An Application to the UK Mobile Telecommunications Industry. In: Technological Forecasting and Social Change, Nr. 62, S. 203-217
- Connect (2001): Brennpunkt UMTS. Stuttgart: Connect 21/2001
- Cope, J., 2001: Update: MetLife Outsources Network Management to AT&T. ComputerWorld
- c't (2002) Prüfstand Projektoren in c't, Heft 4, 2002
- 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
- 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
- Diodato, C. (1999), Electrolux: Status and trends in White Goods, Präsentation Forum Sigma, Paris, 26.11.99
- Diodato, C. (1999), Electrolux: Status and trends in White Goods, Präsentation Forum Sigma, Paris, 26.11.99

- 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
- Dreier, T., Fischer, F. u. Wagner, U. (2000): Ganzheitliche energetische Bilanzierung eines Personal Computers. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 4/2000, S. 232-236
- Ducatel, K., M. Bogdanowicz, et al. (2001). Scenarios for Ambient Intelligence in 2010. Sevilla, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS)
- Dutta-Roy, A. (1999): Networks for Homes, *IEEE Spectrums*, December, 1999
- Dutta-Roy, A. (1999): Networks for Homes, *IEEE Spectrums*, December, 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
- Emmerich, W., Georgescu, M., Ginter, M. et al. (2002): EnSan-Projekt Karlsruhe-Goerdelerstraße: Integrale Sanierung auf Niedrigenergie-Standard unter Einschluss moderner Informations- und Regelungstechnik und Beeinflussung des Nutzerverhaltens. Statusbericht an das BMBF
- Endres, Johannes: HomePNA für die Heimvernetzung in c't Heft 9, 2002
- Energieagentur NRW (1999): Rationelle Elektrizitätsverwendung bei Bürogeräten und stromsparendes Nutzerverhalten im Büro mit RAVEL NRW. Technische Lösungen, Beschaffungsrichtlinien und Informationen über Energielabels. Wuppertal

- 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>
- EU Work-Group "Ecolabel for TV" (2001): Discussion Paper, Brussels, July 2001
- Europäische Kommission (1999):. Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über politische Instrument zur Verringerung von Stand-by-Energieverlusten bei Heimelektronik Geräten. Brüssel, 19. Februar 1999. http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/html/standby_initiative.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
- Europäische Kommission (2001b): Code of Conduct on Energy Efficiency of Digital TV Service Systems, Brüssel, März 2001
http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/pdf/COP_IRDv10_march2001.pdf
- Eurostat (2001): Information Society Statistics (Theme 4: Industry, Trade and Services). Luxemburg
- Faberi, S. (Co-Ordinator) (2001): Government Regulatory Energy Measures Impact and Diffusion Speed Appraisal Method (GRIDS). Final Report. Project funded by the European Community under the "Energy B" Programme. Rom
- Fawcett, T., Lane, K. & Boardman, B., (2000): Lower carbon Futures, DECADE Project, Environmental Change Institute, Oxford University
- Fishedick, M. (WI); Nitsch, J. (DLR) (Projektl.) (2002): Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland. Forschungsvorhaben für das Umweltbundesamt. Wuppertal, Stuttgart
- FOLDOC (Free On-Line Dictionary of Computers) (1995): LAN, Local Area Network, <http://foldoc.doc.ic.ac.uk/foldoc/foldoc.cgi?query=LAN>
- Friedewald, M; Kimpeler, S.; Zoche, P.; Stahl, P; Wucher, R.; Rombach, H. D.; Kohler, K.; Hartkopf, S.; Broy, M. (2000): Analyse und Evaluation der Softwareentwicklung in Deutschland. Eine Studie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Nürnberg: GfK Marktforschung, 2000, 248 S.

- Friedewald, M.; Kolo, C. (2000): Nutzeranforderungen und zukünftige Endgeräte für Online-Dienste. In: Information Management & Consulting 15, Nr. 2, S. 57-62
- Friedewald, M.; Georgieff, P.; Joepgen, M. (2001): Application Service Providing - Software mieten statt kaufen. In: FB/IE – Zeitschrift für Unternehmensentwicklung und Industrial Engineering 50, Nr. 6, S. 265-267
- 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
- Gareis, K. (2000): Teleworking und die Grenzen der Mobilität. Thesen zur Entwicklung der (mobilen) Telearbeit. Beitrag zum Symposium der Mobilkom Austria: Die Digitale Ökonomie. Wien
- Gareis, K.; Kordey, N. (2000): The Spread of Telework in 2005. In: Stanford-Smith, B.; Kidd, P. T. (Hrsg.): E-Business - Key Issues, Applications, Technologies. Amsterdam: IOS Press, S. 83-89
- Gattringer, K.; Mai, L. (2001). Radiohören - aber wie? Typen, Zeiten, Nutzungsmuster. Frankfurt: ARD-Werbung Sales & Services GmbH
- GED (2000): Gemeinschaft Energielabel Deutschland, Auszeichnungssystem für energieeffiziente Informations- und Unterhaltungselektronik. (<http://www.energielabel.de>)
- 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>)

- Glaser, W.; Vogt, W.; Glaser, M. O. et al. (2001). Verkehrliche Auswirkungen von Teleshopping und Telecommerce auf die Mobilität privater Haushalte. Schlußbericht an das Bundesministerium für Verkehr, Projekt 70.525/97. Psychologisches Institut, Universität Tübingen; Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart
- Grajczyk, A.; Mende, A. (2001): Nichtnutzung von Online: Internet für den Alltag (noch) nicht wichtig. In: Media Perspektiven 8/2001, S. 398-409
- Gremmelmaier, E.: Innovativ kopieren. In: Papier&Umwelt 3/01
- Gruber, E.; Ostertag, K.; Busch, E. (1996): Evaluation der Verbrauchszielwerte für Elektrogeräte, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Bern, September 1996
- Gruber, E. et al. (1999): Energielabel als marktorientiertes umweltpolitisches Instrument in Deutschland. Zeitschrift für Energiewirtschaft 2 (1999), S. 147ff
- Gruber, E., Böde, U. (2000a): Evaluation des Impuls-Programms Hessen. Schlussbericht an das Hessische Umweltministerium. Karlsruhe, Juli 2000
- Gruber, E., Böde, U. (2000b): REN-Impuls-Programm „RAVEL NRW“: Begleitende Bewertung. Schlussbericht an das Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr Nordrhein-Westfalen. Karlsruhe, Juli 2000
- 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
- Grütter, H., 2002: Outsourcing von Webdienstleistungen. Präsentation am Seminar "Site-Performance, PC-Cluster, Hosting". Internet Expo 02, 6.-8. Februar, Zürich
- 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
- Guggenbühl, Hp., 2001a: Der Stromverbrauch des Internets, Tagesanzeiger, 13. 3. 2001
- Guggenbühl, Hp., 2001b: Das Internet als Stromfresser, Basler Zeitung, 30. 3. 2001

- Hartkamp, F., 2002: Energy Consumption of ICT in the Netherlands. Perspective to the year 2010. Workshop IEA, 21 february 2002, Paris
- Hilty, L. et al., 2002: TA-Studie "Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft: Auswirkungen des "pervasive computing" auf die Gesundheit und die Umwelt. Projektofferte, St. Gallen
- Huber, P.; Mills, M. P. (1999): Dig more coal, the PC's are coming, Forbes Magazine, 31. Mai 1999
- Huser, A., 2001: Schalten von Servern in KMU's. Bundesamt für Energie, Bern, Januar 2001. http://www.electricity-research.ch/SB/sb_serverschalten.pdf
- Huser, A., 2002: Stromeinsparpotenzial durch Schalten von Servern. Bundesamt für Energie, Bern, 2002
- IEA (1999): Definitions and Terminology of Standby Power. IEA Standby Power Initiative: Conclusions of Task Force 1 (<http://www.iea.org/standby>)
- IEA (2000): Energy Labels & Standards. Paris: OECD/IEA
- IEA (2001): Things that go Blip in the Night – Standby Power and how to limit it. Paris: OECD/IEA
- IEA (2002): Workshop on "Impact of Information and Communication Technologies". Paris, 21-22 February 2002 (<http://www.iea.org>)
- IEA, 2002: Grundlagenpapier zu IEA Workshop, 21/22 February 2002
- Infas (2001). e-Business und Verkehrsaufkommen: Der Endkunde als Einflussfaktor. Ergebnisse einer Repräsentativbefragung des Deutschen Verkehrsforums im September/Oktober 2001. Bonn: Infas GmbH.
- Infratest Burke (2001). Monitoring Informationswirtschaft. Band 1: Zweiter Kernbericht. München: Infratest Burke GmbH & Co.
- INRA (2001): Measuring Information Society 2000. Eurobarometer Study 53. Brüssel: INRA (Europe) - European Coordination Office
- Intel (2002): Intel Pentium 4 Processors - Datasheets
- IP Deutschland (2002). Medien im Tagesablauf. Köln: IP Deutschland GmbH Research&Kommunikation

- 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
- Jochem, E.; Spreng, D. (Co-ord.) (2002): Steps towards a 2000 Watt-Society. Developing a White Book on R&D of Low Energy Technologies. Input Paper for the Workshop Sept. 9-10, 2002, at ETH Zürich. Zürich, Villingen, Lausanne, July 2002
- JP Morgan Securities Ltd. (2000): Wireless Data - The World in Your Hand. London, 2. Oktober 2000
- Karbo (1999): Procurement agreements result in electricity savings. Copenhagen
- Karbo, P.: The Danish Electricity Saving Trust's A-Campaigns in Autumn 1999 – A review of Experience. Presented at the 2nd International Conference on „Energy Efficiency in Household Appliances and Lighting“. Naples, September 27-29, 2000
- Kawamoto, K. et al., 2000: Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in the U.S.. LBNL-45917, LBNL, Berkeley, 2000
- 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
- Klems, W.; Kolbe, B.; Müller, A. (1999): Büroarbeit im Strukturwandel: Büroberufe in Hessen und im Bundesgebiet West 1998. In: ABF Aktuell vom 26.4.1999
- Knolmayer, G. und T., Scheidegger, 2001: "Bring the Fiber to the Power". Nebeneffekte der New Economy. NZZ, 20. 4. 2001

- Kolo, C.; Friedewald, M.; Georgieff, P. (2000). Faxanwendungen und Endgerätektechnik: Studie zu Marktentwicklungspotenzialen und Substitutionseffekten bis 2005. Unveröffentlichter Bericht. Karlsruhe: ISI
- Komor, P. (1997): Space Cooling Demands From Office Plug Loads. AHRAE Journal, Dec. 1997
- Koomey, J., Kawamoto, K., Nordmann, B., Piette, A. A., Brown, R. E. (1999): Memorandum LBNL-44698 to EPA of 9 Dec. 1999
- Koomey, J., (2002): Latest Measured Data on Data Centre Power Use in the U.S.. Presented at the 2002 NEMS conference, March 12, 2002
- Kübler, K. (1998): Selbstverpflichtungen als Instrument der Klimavorsorge. Analyse der Umsetzung in Deutschland. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 48, 1998, S. 332-226
- Kuhlmann, U. (2002): Flache Fernseher. c't 14(2002), S.106-113
- Langheinrich, M., Coroama, V. et al. (2002): As we may live - Real-world implications of ubiquitous computing. Distributed Systems Group, Institute of Information Systems, ETH Zürich, to be published
- Langrock, T., Ott, H. E., Takeuchi, T. (Ed.) (2001): International Climate Policy & the IT-Sector. A report on the "Policy dialogue between Japan and Germany for facilitating co-ordinated measures to address global warming". Wuppertal Spezial 19. Wuppertal: Wuppertal Institute & IGES
- Lebot B. et al. (2000): Global implications of standby power use, IEA, 2000
- Lebot B. et al. (2000): Global implications of standby power use, IEA, 2000
- Lechtenböhrer, S., Barthel, C., Dudda, Rath, U. et al. (2001): Klimaschutz durch Effizienzsteigerung von Geräten und Anlagen im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch. Forschungsbericht für das Umweltbundesamt Nr. 298 97 345, Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt und Energie (unveröffentlicht zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie)
- Leprieh, U. (1997): FUTURE Fonds für Umwelttechnologien und rationelle Energiedienstleistungen. In: Energiedepesche 4/1997, S. 20-21
- Leprieh, U. (1999): Rettung für die Energieeffizienz. Das „Deutsche Forum für Energieeffizienz“ (DFE). In: Energiedepesche 4/1999, S. 10-11

- Löfken, J. O. (2001): An die Glasfasergränze - Forscher berechnen das Kapazitätslimit von Glasfaserkabeln. *ct* 17 (2001), S. 56
- Lütge, G. (2002): Notruf der Pioniere. In: Die Zeit vom 16. Mai 2002, S. 23-24
- MACEBUR (1998): Energy Efficient Office Technologies: the 1 Watt / 1 Volt-Ampere Challenge. Final Report of the MACEBUR Work Group, April 1998
- Media Perspektiven Basisdaten (2001). Daten zur Mediensituation in Deutschland 2001. Frankfurt: Arbeitsgemeinschaft der ARD-Werbegesellschaften
- 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/>
- Metzger, D. (2000): Jeder Haushalt wird zu einer Mobilfunkzelle, Zürich in Tages-Anzeiger, 18.1.2000
- Meyer & Schaltegger AG (1999). Bestimmung des Energieverbrauchs von Unterhaltungselektronikgeräten, Bürogeräten und Automaten in der Schweiz. Bericht an das Bundesamt für Energie. Bern: Bundesamt für Energie.
<http://www.electricity-research.ch/SB/Schaltegger.pdf>
- 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
- MSM Research, 2000: Der Schweizer Markt für Networking Outsourcing (www.msmag.ch/marktanalysen)
- 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

- Nordmann, B., Meier, A., Piette, M.A., (2000): PC and Monitor Night Status: Power Management Enabling and Manual Turn-Off. LBNL-46099
- 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
- Oppermann, B.; Langer, K.; Schneider, E. (2001). E-Commerce [b2c] und seine Folgen für Stadt und Verkehr. Kurzzusammenfassung der Ergebnisse des Workshops am 22.11.2001 (1. Entwurf). Universität Stuttgart
- Ostertag, K.; Dreher, C.(2002): Cooperative procurement: market transformation for energy-efficient product. In: Clinch, J.P., Schlegelmilch, K.; Sprenger, R-U.; Triebswetter, U.: Greening the Budget. Budgetary Policies for Environmental Improvement. Northhampton/Mass. (UK)
- Picklum, R. E. et al. (1999): Guide to Reducing Energy Use in Office Equipment. Bureau of Energy Conservation, City & County of San Francisco
- Plica (2001): Trend für 2001: Gesundes Wachstum. URL: <http://www.xonio.com>
- 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
- Prognos AG; IER (2001): Analyse der Wirksamkeit von CO₂-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung. Zwischenbericht I. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Basel, Stuttgart, Oktober 2001
- 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

- Raupp, J. (2002): Telekom-Krise belastet Colt. SZ-Gespräch mit Deutschland Manager Horst Einzelmüller. Süddeutsche Zeitung 6.8.2002, S. 23
- 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: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
- Rennings, K. et al. (1997): Nachhaltigkeit, Ordnungspolitik und freiwillige Selbstverpflichtung. Heidelberg: Physica-Verlag
- Ridder, C.-M. (2002): Online-Nutzung in Deutschland. In: Media Perspektiven 3/2002, S. 121-131
- Riehm, U.; Orwat, C. (2001): E-Commerce-Politik: Warum, was, wie, wann und wer?, TA-Datenbank-Nachrichten 4/2001, S. 3-10
- Rieth-Hoerst, S. (2002) : Strombedarf und Einsparmöglichkeiten moderner Kommunikationstechniken. Diplomarbeit an der Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich elektrische Energietechnik. Karlsruhe, März 2002
- Romm, J. (1999): The Internet and Global Warming. A Scenario of the Impact of E-commerce on energy and the Environment. The Center for Energy and Climate Solutions. December 1999
- 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 Comsumption 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.
http://www.eren.doe.gov/buildings/documents/pdfs/office_telecom-voll_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
- Schaefer, C. u. Weber, C. (2000): Mobilfunk und Energiebedarf. Energiewirtschaftliche Tagesfragen. Bd. 50 Nr. 4, S. 237-241
- Schaltegger, B. (1999): Bestimmung des Energieverbrauchs von Unterhaltungselektronikgeräten, Bürogeräten und Automaten in der Schweiz, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 1999
- Schenk, M. et al. (2001): Nutzung und Akzeptanz des digitalen Pay-TV in Deutschland. In: Media Perspektiven 4/ 2001, S. 220-234
- Schenk, M.; Wolf, M. (2000): Nutzung und Akzeptanz von E-Commerce: E-Commerce und die Bürger. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- Schenk, M.; Wolf, M. (2001): Nutzung und Akzeptanz von E-Commerce. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg Nr. 209, November 2001
- Scherrer, K. (2001): Vernetzt und smart: Vom Kühlschrank bis zur Badewanne, in Fraunhofer Magazin 2, 2001

- Schlesinger, M. (2001). Szenarienentwicklung - Soziodemografische und ökonomische Rahmendaten. Zwischenbericht für die Enquete-Kommission "Nachhaltige Energieversorgung" des Deutschen Bundestages. Basel: Prognos AG
- Schlesinger, M. (2001). Szenarienentwicklung - Soziodemografische und ökonomische Rahmendaten. Zwischenbericht für die Enquete-Kommission "Nachhaltige 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
- Schnurer, G. (2001): Von der Stange. Auf der Suche nach dem optimalen Komplett-PC. c't Nr. 22/2001, S. 94-101
- SevenOne Media (2001). Time Budget 1999 - 2001. Unterföhring: SevenOne GmbH
- Siderius, H.P. (1998): Standby consumption in households, Van Holsteijn en Kemna, Holland, 1998
- Siderius, H.P. (1999): Analysis of energy consumption and efficiency potential for TVs in the on-mode, Novem, for the Commission of the European Communities, 1999
- Siderius, H.P. (2000): Energy related issues of Consumer Electronics, Novem, 2000
- Siemens (2002): Products, Solutions & Services. URL:
<http://www.siemens.com/mobile/networks>
- Spiegel (2001): Evolution statt Revolution. Hamburg: Der Spiegel, Ausgabe 46/2001
- Spiller, A. (1999). Umweltbezogenes Wissen der Verbraucher: Ergebnisse einer empirischen Studie und Schlussfolgerungen für das Marketing. Duisburg

- Spiller, A. (1999): Umweltbezogenes Wissen der Verbraucher: Ergebnisse einer empirischen Studie und Schlussfolgerungen für das Marketing. Duisburg
- 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
- Tanenbaum, A. S. (1997): Computernetzwerke, Prentice Hall, München, 847 S.
- Test (Stiftung Warentest) (1999a): Ansehnlich: Gutes Bild zu attraktivem Preis. Das bieten kleine wie große Fernseher. test 11 (1999), S. 27-31.
- Test (Stiftung Warentest) (1999b): Knapper Einlauf. Noch nie waren Computermotore so billig wie jetzt. test 12 (1999), S. 27-30.
- Test (Stiftung Warentest) (2002): Flach, gut, teuer. Moderne Flachbildschirme und herkömmliche Röhrenmonitore im direkten Vergleich. test, 1(2002) S. 22-25
- 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

- Thorne, J.; Suozzo, M. (1998): Leaking Electricity: Standby and Off-Mode Power Consumption in Consumer Electronics and Household Appliances, ACEEE, Washington, D.C/Berkley, California, Februar 1998
- Toptest (2002): Ratgeber TV-Geräte, www.topten.ch
- 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.
- Varone, F. and B. Aebischer, 2001: Energy efficiency: the challenges of policy design. Energy Policy 29(2001) 615-629
- VDI (2002): VDI-Nachrichten, Hannover, 28.3.02,
- VIAG Interkom (2001): Leitfaden für Telekommunikation 2001. München: VIAG Interkom.
- Vogt, W.; Denzinger, S.; Glaser, W. et al. (2001). Auswirkungen neuer Arbeitskonzepte und insbesondere von Telearbeit auf das Verkehrsverhalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe "Mensch und Sicherheit" M 128. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

- Vogt, W.; Denzinger, S.; Glaser, W. et al. (2001). Auswirkungen neuer Arbeitskonzepte und insbesondere von Telearbeit auf das Verkehrsverhalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe "Mensch und Sicherheit" M 128. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Warmerdam, L. (1999): Introducing GreenChip in a cost sensitive market. Presentation at the international Novem workshop: "State of the art of energy efficiency in consumer electronics", Paris, January 20 1999, <http://www.novem.org/events/eece/papers/greenchp.zip>
- Webber et al. (2001): Field Surveys of Office Equipment Operating Patterns. Draft Report, LBNL-46930. <http://enduse.lbl.gov/Projects/OffEqpt.html>
- Weber, L. (2002): Energie in Bürogebäuden. Verbrauch und energierelevante Entscheidungen. Vdf-Verlag, Zürich, 2002 (ISBN 3 7281 2819 8)
- Weeren, S. (2002): Energy trends in ICT-Industry – fostering the better solutions. Proceedings IEA-Workshop: The Future Impact of Information and Communication Technologies on the Energy System, Paris, 20.-21.2002. www.iea.org/weo/ict/weeren.pdf
- 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)
- Whyte, W. S. (1999): Networked Futures: Trends for Communication Systems Development. Chichester: John Wiley.
- Wiel, S., McMahon, J. E. (2001): Energy Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting. Washington, D.C., February 2001
- Wilkens, A. (2002): Weltweiter Servermarkt schrumpfte im ersten Quartal erneut. In: Heise Online vom 29.05.2002. <http://www.heise.de/newsticker/data/anw-29.05.02-005/>
- Wilkins, C.K., Hosni, M.H. (2000): Heat Gain From Office Equipment. AHRAE Journal, June 2000.
- Windeck, C. (2001): Leisetreter - Sieben leise Komplettrechner im Test. c't 2001 Nr. 24, S. 182 - 191

- Wirtgen, J. (2002): Alles am Griff. Notebooks mit Intel Pentium 4 und AMD Athlon XP ersetzen den Desktop-PC. c't 12(2002). S. 102-111
- 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 (<http://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. (1997): Politiksznarien für den Klimaschutz. Band 1. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2005. Jülich: Forschungszentrum (Reihe Umwelt/Environment Band 5)
- 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)
- Zimmer, J. (1998): Fernsehempfang: In Zukunft Satellit vor Kabel? Entwicklung und Perspektiven des terrestrischen, Kabel- und Satellitenfernsehens in Deutschland. In: Media Perspektiven 78/98, 352-366
- Zoche, P.; Harmsen, D.-M. et al. (1995): Potentialabschätzung der Marktentwicklung für "Video-on-demand" in Deutschland, Fraunhofer-ISI Studie

Zoche, P.; Kolo, C.; Harnischfeger, M. (1998). Mediennutzung der Zukunft im privaten Sektor. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung

Zoche, P.; Kimpeler, S.; Joepgen, M. (2002): Virtuelle Mobilität: Ein Phänomen mit physischen Konsequenzen? Zur Wirkung der Nutzung von Chat, Online-Banking und Online-Reiseangeboten auf das physische Mobilitätsverhalten. Berlin und Heidelberg: Springer

Zumkeller, D. (2002): Telekommunikation, Telematik und Verkehr - Ein Zukunftsbild unserer Mobilität. In: Umweltpsychologie 6, Nr. 1, S. 168-181

9 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------|---|
| 3G | Mobilfunktechnologie der dritten Generation |
| A2B | Administration to Business |
| A2C | Administration to Consumer |
| ABS | Anti-Blockier-System |
| ACPI | Advanced Computer Power Interface |
| ACTA | Allensbacher Computer und Telekommunikations Analyse |
| ADSL | Asynchronous Digital Subscriber Line |
| AGEB | Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen |
| ASEW | Arbeitsgemeinschaft für Sparsame Energie- und Wasserverwendung im VKU |
| ASP | Application Service Provider |
| B.A.U.M. | Bundesdeutscher Arbeitskreis für Umweltbewusstes Management |
| BGBI | Bundesgesetzblatt |
| BITKOM | Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung und Forschung |
| BMV | Bundesministerium für Verkehr |
| BMWa | Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie |
| BSC | Base Station Controller |
| BTS | Base Station Transceiver |
| BUND | Bundesverband Umwelt- und Naturschutz Deutschland |
| BVT | Bundesverband Technik des Einzelhandels im Hauptverband des Deutschen Einzelhandels |
| bzw. | beziehungsweise |
| CA | Conditional Access |
| CATV | Cable-TV |
| CD | Compact Disc |
| CD-R | Compact Disc-RAM/Recordable |
| CD-RW | Compact Disc Rewritable |
| CHF | Schweizer Franken |

| | |
|--------------|---|
| CI | Cross-Impact |
| CRT | Cathode Ray Tube (Braunsche Röhre) |
| dena | Deutsche Energie-Agentur |
| DNS | Domain Name System |
| DOE | Department of Energy |
| DSL | Digital Subscriber Line |
| DSM | Demand Side Management |
| DVB | Digital Video Broadcasting |
| DVD | Digital Versatile Disc |
| EACM | European Association of Consumer Electronic Manufacturers |
| E-Commerce | Electronic-Commerce |
| EDGE | Enhanced Data Service for GSM Evolution |
| EDV | Elektronische Datenverarbeitung |
| EEE | Environmental Impact of Electrical and Electronic Equipment |
| E-Government | Electronic Government |
| E-Herd | Elektro-Herd |
| EHS | European Home System |
| EHSA | European Home System Association |
| EIB | European Installation Bus |
| EIBA | European Installation Bus Association |
| EITO | European Information Technology Observatory |
| E-Mail | Electronic Mail |
| EnVKG | Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| EPG | Electronic Programme Guide |
| ETH | Eidgenössische Technische Hochschule |
| EU | Europäische Union |
| EWG | Europäische Wirtschaftsgemeinschaft |
| F&E | Forschung und Entwicklung |
| GED | Gemeinschaft Energielabel Deutschland |
| GEEA | Group of Energy Efficient Appliances |
| GfK | Gesellschaft für Konsumforschung |
| GfU | Gesellschaft für Unterhaltungselektronik |

| | |
|---------|--|
| GHD | Gewerbe Handel Dienstleistungen |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GPS | Global Positioning System |
| GSM | General System for Mobile Communication |
| gTLD | generic Top Level Domain |
| GWh | Gigawattstunde, 1 Mio. kWh |
| HH | Haushalte |
| Hi-Fi | High Fidelity |
| HomePNA | Home Phonenumber Networking Alliance |
| HSCSD | High Speed Circuit Switched Data |
| HVT | Hauptverteiler |
| Hz | Hertz |
| IEA | Internationale Energie Agentur |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronic Engineers |
| IP | Internet Protocol |
| IRD | Integrated Receiver Decoder |
| IrDA | Infrared Data Association |
| ISDN | Integrated Services Digital Network |
| ISM | Industrial Scientific Medical Band |
| ISP | Integrated Service Provider |
| IT | Information Technology/Informationstechnologie |
| ITU | International Telecommunication Union |
| IuK | Information- und Kommunikation |
| Kap. | Kapitel |
| KMU | Kleinere und Mittlere Unternehmen |
| kW | Kilowatt |
| kWh | Kilowattstunde |
| LAN | Local Area Network |
| LBNL | Lawrence Berkeley National Laboratory |
| LCD | Liquid Crystal Display (Flüssigkristallanzeige) |
| LNB | Low Noise Blockdown Converter |
| MA | Mitarbeiter |
| MB | Megabyte |

| | |
|--------|--|
| Mbit/s | Mega Bit pro Sekunde |
| MHP | Multimedia Home Platform |
| MMS | Multimedia Messaging Service |
| mP | mittleres Preissegment |
| MP3 | Moving Picture Expert Group 1.0 Layer 3 |
| MPEG | Moving Picture Expert Group |
| MSC | Mobile Switching Center |
| Mt | Megatonnen (Mio. Tonnen) |
| MURE | Mesures d'Utilisation Rationelle de l'Energie |
| NL | Niederlande |
| NRW | Nordrhein-Westfalen |
| NTBA | Netz-terminator Basisanschluss |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| oP | oberes Preissegment |
| PC | Personal Computer |
| PDA | Personal Digital Assistant |
| PLC | Powerline Communication |
| PPV | Pay Per View |
| PVR | Personal Video Recorder |
| R&D | Research and Development |
| RAM | Random Access Memory |
| RAWINE | Rationelle und wirtschaftliche Verwendung von Elektrizität |
| RegTP | Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post |
| RL | Richtlinie |
| ROM | Read Only Memory |
| SMPS | Switched Mode Power Supply |
| SMS | Short Messaging Service |
| SSL | Secure Socket Layer |
| StaBu | Statistisches Bundesamt |
| STB | Set-top-Box |
| TK | Telekommunikation |
| TV | Television (Fernseher/Fernseh-) |
| TWh | Terawattstunde, 1 Mrd. kWh |

| | |
|------|--|
| UBA | Umweltbundesamt |
| UMTS | Universal Mobile Telephone System |
| uP | unteres Preissegment |
| USB | Universal Serial BUS |
| USV | Unterbrechungsfreie Stromversorgung |
| V | Volt |
| VCR | Video Cassette Recorder |
| VDC | Volt Direct Current (Volt Gleichstrom) |
| VDEW | Verband der Elektrizitätswirtschaft |
| vgl. | vergleiche |
| VKU | Verband kommunaler Unternehmen |
| VRE | Verband der Verbundunternehmen und Regionalen Energieversorger |
| VSE | Very Small Enterprises |
| W | Watt |
| W | Watt |
| WAN | Wide Area Network |
| WLAN | Wireless Local Area Network |
| WLL | Wireless Local Loop |
| WWF | World Wildlife Fund |
| ZVEI | Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. |