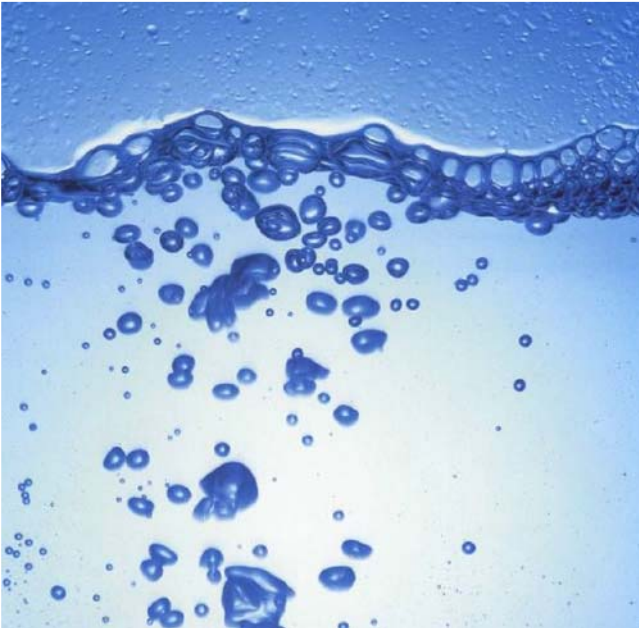


# Zukunftsmarkt

## Energieeffiziente Rechenzentren



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

Umwelt  
Bundes  
Amt   
Für Mensch und Umwelt



# **Zukunftsmarkt**

## **Energieeffiziente Rechenzentren**

Fallstudie im Auftrag des  
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

durchgeführt  
von

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Berlin

Autor:

PD Dr. Klaus Fichter

## Impressum

Herausgeber: Umweltbundesamt (UBA)  
Postfach 1406, 06844 Dessau-Roßlau  
E-Mail: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
11055 Berlin  
E-Mail: [service@bmu.bund.de](mailto:service@bmu.bund.de)  
[www.bmu.de](http://www.bmu.de)

ISSN: 1865-0538

Projektbetreuung: Peter Franz  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Autor: PD Dr. Klaus Fichter  
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH,  
Clayallee 323, D-14169, Berlin, Tel. 030.306 45-1000, Fax. 030.306 45-1009  
[www.borderstep.eu](http://www.borderstep.eu)

Titelfotos: Q-Cells AG, BMU / Rupert Oberhäuser, ccvision GmbH

Stand: Dezember 2007

## Vorbemerkung

Der Umwelt- und Ressourcenschutz gewinnt national und international eine zunehmende Bedeutung. Damit verbunden wird sich die Nachfrage nach Umwelttechniken weltweit dynamisch entwickeln. Inzwischen hat sich aus dem Umwelt- und Ressourcenschutz auch ein maßgeblicher Treiber für Innovationen entwickelt. Umwelt- und Innovationspolitik wachsen dadurch immer stärker zusammen, moderne Umweltpolitik muss auch Innovationspolitik sein.

Um Wachstums- und Beschäftigungspotenziale zu mobilisieren ist es wichtig, Synergieeffekte zwischen der Verbesserung der Umweltsituation, der Schaffung zukunftsfähiger Arbeitsplätze und der Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit zu identifizieren und zu nutzen. Das Forschungsprojekt „Innovative Umweltpolitik in wichtigen Handlungsfeldern“ analysiert die Innovationsdynamik in wichtigen Handlungsfeldern systematisch und auf zusammenfassender Ebene. Diese Handlungsfelder bildeten die Basis, um elf Produktgruppen/Technologien auszuwählen, die in Fallstudien vertieft untersucht werden.

Jede Fallstudie enthält eine kurze Vorstellung der Grundlagen der entsprechenden Technologie. Anschließend folgt eine nähere Analyse des Zukunftsmarktes und seiner Innovationsdynamik. Besonderes im Blickpunkt stehen dabei die Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher und europäischer Unternehmen im internationalen Vergleich, ihr Umfeld sowie Ansatzpunkte für eine Stärkung des deutschen und europäischen Innovationssystems.

Innerhalb der Reihe: „Umwelt, Innovation, Beschäftigung“ sind Fallstudien zu den folgenden Themen erschienen: Solarthermische Stromerzeugung, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung, Elektrische Energiespeicherung, Solares Kühlen, Energieeffiziente Rechenzentren, Biokunststoffe, Synthetische Biokraftstoffe, Hybride Antriebstechnik, Dezentrale Wasseraufbereitung und Regenwassermanagement, Nachhaltige Wasserwirtschaft und Nanotechnologie, Stofferkenennung und –trennung.

Die vorliegende Studie „Zukunftsmarkt energieeffiziente Rechenzentren“ bildet eine von 11 ausgewählten Produktgruppen im Kontext des oben genannten Vorhabens. Zusätzlich war die Studie verknüpft mit einem Fachdialog des Bundesumweltministeriums zum Thema „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“, der vom Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit in Zusammenarbeit mit dem Branchenverband BITKOM sowie den Forschungspartnern Oldenburg Center for Sustainability Economics and Management (CENTOS) der Universität Oldenburg, dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe sowie dem Institut für Zukunftsstu-

dien und Technologiebewertung (IZT), Berlin konzipiert und am 3. Juli 2007 im Bundesumweltministerium in Berlin durchgeführt wurde (FKZ UM 07 14 617/02). Ein besonderer Dank geht an Dr. Ralph Hintemann, Philipp Karch und Dr. Mario Tobias, die die Studie durch die gemeinsame Durchführung einer Herstellerbefragung von BITKOM und Borderstep und die Mitwirkung am Fachdialog unterstützt haben. Dank geht weiterhin an Siegfried Behrendt (IZT) für den fruchtbaren wissenschaftlichen Austausch, an PD Dr. Rainer Walz (ISI) für die gute Zusammenarbeit im Rahmen des o.g. UFOPLAN-Vorhabens sowie an Uwe Frietsch (ISI) für die Unterstützung bei der Durchführung der Patentanalyse.

PD Dr. Klaus Fichter

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Zusammenfassung.....</b>                                          | <b>1</b>  |
| <b>Summary.....</b>                                                  | <b>2</b>  |
| <b>1. Einleitung: Energieeffiziente IKT-Infrastrukturen.....</b>     | <b>2</b>  |
| <b>2. Energieeffizienzpotenziale von Rechenzentren .....</b>         | <b>5</b>  |
| 2.1. Rechenzentren.....                                              | 5         |
| 2.1.1. Abgrenzung und Begriffsdefinition .....                       | 5         |
| 2.1.2. Das Rechenzentrum als technisches System.....                 | 7         |
| 2.1.3. Anzahl Rechenzentren in Deutschland, der EU und weltweit..... | 8         |
| 2.2. Energieverbrauch und Energieeffizienz von Rechenzentren .....   | 10        |
| 2.2.1. Globale Trends des Energieverbrauchs von Rechenzentren .....  | 12        |
| 2.2.2. Trends und Szenarien für die U.S.A. ....                      | 13        |
| 2.2.3. Trends und Szenarien für Deutschland .....                    | 19        |
| 2.2.4. Messkonzepte zur Energieeffizienz von Rechenzentren .....     | 21        |
| 2.3. Nutzen für Umwelt und Gesellschaft.....                         | 23        |
| 2.3.1. Energieeinsparpotenziale .....                                | 24        |
| 2.3.2. Klimaschutzpotenziale .....                                   | 25        |
| 2.4. Wirtschaftliche Potenziale .....                                | 26        |
| 2.4.1. Herstellersicht: Marktpotenziale.....                         | 26        |
| 2.4.2. Betreibersicht: Kostensenkungspotenziale .....                | 29        |
| 2.4.3. Internetunternehmen: Image und Differenzierung .....          | 30        |
| <b>3. Leistungsfähigkeit wichtiger Länder.....</b>                   | <b>31</b> |
| 3.1. Patentanalyse .....                                             | 31        |
| 3.2. Wettbewerbssituation.....                                       | 34        |
| <b>4. Innovationssystem und Initiativen .....</b>                    | <b>36</b> |
| 4.1. Rahmenbedingungen und politische Initiativen .....              | 36        |
| 4.1.1. EU .....                                                      | 36        |
| 4.1.2. Deutschland .....                                             | 37        |
| 4.1.3. USA.....                                                      | 37        |
| 4.1.4. Internationale Initiativen .....                              | 38        |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2. Brancheninitiativen.....                          | 38        |
| 4.2.1. Best Practice-Beispiele .....                   | 38        |
| 4.2.2. Netzwerke und Verbünde .....                    | 39        |
| 4.2.3. Unternehmensinitiativen und Pilotvorhaben ..... | 40        |
| <b>5. SWOT-Analyse .....</b>                           | <b>42</b> |
| <b>6. Fazit und Handlungsempfehlungen .....</b>        | <b>43</b> |
| <b>Literatur .....</b>                                 | <b>46</b> |
| <b>Anhänge .....</b>                                   | <b>49</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: IKT-bedingter Stromverbrauch in Deutschland bis 2010 .....                                                                | 4  |
| Abbildung 2: Typische elektrische Komponenten in Rechenzentren.....                                                                    | 7  |
| Abbildung 3: Steigende Energiedichte in Rechenzentren .....                                                                            | 10 |
| Abbildung 4: Anzahl installierter Server und deren Strom-/Kühlungskosten weltweit ..                                                   | 11 |
| Abbildung 5: Anzahl installierter Server und deren Stromverbrauch weltweit .....                                                       | 12 |
| Abbildung 6: Stromverbrauch von Rechenzentren und Servern in den U.S.A. ....                                                           | 14 |
| Abbildung 7: Stromverbrauch von Rechenzentren in U.S.A nach Größenklassen.....                                                         | 15 |
| Abbildung 8: Szenarien des Stromverbrauchs von Rechenzentren in den USA.....                                                           | 17 |
| Abbildung 9: Stromverbrauch von Rechenzentren in Deutschland .....                                                                     | 20 |
| Abbildung 10: Indikatoren für die Energieeffizienz von Rechenzentren .....                                                             | 22 |
| Abbildung 11: Benchmarking der Energieeffizienz von 24 Rechenzentren in USA.....                                                       | 23 |
| Abbildung 12: Trends und Szenarien der CO <sub>2</sub> -Emissionen von Rechenzentren in<br>Deutschland.....                            | 25 |
| Abbildung 13: Entwicklung und Szenarien der Stromkosten von Rechenzentren in<br>Deutschland.....                                       | 29 |
| Abbildung 14: Weltweite Patentanmeldungen mit Relevanz für energieeffiziente<br>Rechenzentren .....                                    | 32 |
| Abbildung 15: Ländervergleich: Energieeffizienz-relevante Patentanmeldungen im<br>Bereich Kühlung, Klimatisierung, Abwärmenutzung..... | 33 |
| Abbildung 16: Ländervergleich: Energieeffizienz-relevante Patentanmeldungen im<br>Bereich Server.....                                  | 33 |
| Abbildung 17: Umstellung auf ein ökologisches High-End-Rechenzentrum.....                                                              | 39 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Anzahl Rechenzentren und installierter Server.....                                                                             | 9  |
| Tabelle 2: Verteilung von Servern nach Raumtypen in den U.S.A.....                                                                        | 9  |
| Tabelle 3: Anteil am Stromverbrauch von Rechenzentren in den U.S.A. ....                                                                  | 14 |
| Tabelle 4: Stromverbrauch von Rechenzentren in U.S.A. nach Größenklassen.....                                                             | 15 |
| Tabelle 5: Szenarien des Stromverbrauchs von Rechenzentren in den USA im<br>Vergleich (in Mrd. KWh/Jahr).....                             | 17 |
| Tabelle 6: Prognostizierte Stromkosten von Rechenzentren in den U.S.A. (in Mrd.<br>US-Dollar) .....                                       | 18 |
| Tabelle 7: Durch Stromverbrauch von Rechenzentren bedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen<br>(in Mio. t/Jahr) .....                          | 18 |
| Tabelle 8: Einschätzung der Wettbewerbsposition europäischer Hersteller im<br>Servermarkt .....                                           | 34 |
| Tabelle 9: Einschätzung der Wettbewerbsposition europäischer Hersteller im<br>Markt für Schrank-, Strom-, Kühlungslösungen .....          | 35 |
| Tabelle 10: SWOT-Analyse für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der EU<br>und Deutschlands bei energieeffizienten Rechenzentren..... | 42 |

## Zusammenfassung

Die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und insbesondere Rechenzentren spielen sowohl unter wirtschaftlichen als auch unter ökologischen Gesichtspunkten eine zunehmende Bedeutung. Die durch den Stromverbrauch der IKT in Deutschland verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen betrugen in 2004 bereits über 28 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente und lagen damit bereits deutlich über den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Luftverkehrs. Der Stromverbrauch der rund 50.000 Rechenzentren in Deutschland betrug im Jahr 2006 insgesamt 8,67 TWh. Dies entspricht der Jahresstromproduktion von drei mittelgroßen Kohlekraftwerken und ist mehr als das 1,5-fache der Jahresstromerzeugung des Atomkraftwerkes Brunsbüttel. Durch den Stromverbrauch verursachten die Rechenzentren in Deutschland in 2006 CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Höhe von 5,6 Mio. t. Ohne zusätzliche Effizienzanstrengungen werden der Stromverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Rechenzentren in Deutschland bis 2010 um ca. 50% ansteigen. Werden dahingegen, die heute verfügbaren und bei Vorreitern bereits eingesetzten energieeffizienten Technologien auf breiter Front angewendet, könnten im Zeitraum von 2007 bis 2010 insgesamt 21 TWh bzw. 13,6 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Die Betreiber von Rechenzentren könnten auf diese Weise bis 2010 insgesamt 2,5 Mrd. € an Stromkosten einsparen. Dabei handelt es sich überwiegend um leicht realisierbare Maßnahmen („Low hanging fruits“), die keine Investitionen erfordern, die über die üblichen Ersatzinvestitionen hinausgehen. Der Zukunftsmarkt energieeffiziente Rechenzentren ist damit für die Betreiber von Rechenzentren von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung. Gleiches gilt für die Anbieter von Hardware, Software und Planungsleistungen für Rechenzentren. Die Studie zeigt, dass im Bereich energieeffizienter Server weiterhin US-amerikanische Unternehmen den Markt dominieren werden. Europäische Hersteller sind dahingegen bei den Kühlungs-, Klimatisierungs- und Schranktechnologien sowie bei den umfassenden Planungsleistungen für Rechenzentren sehr gut aufgestellt.

Um die Umweltentlastungspotenziale durch energieeffiziente Rechenzentren zu erschließen und die Chancen dieses Zukunftsmarktes zu nutzen, besteht allerdings erheblicher Handlungsbedarf. Dazu zählt u.a. eine deutliche Verbesserung der Information von Rechenzentrumsbetreibern, z.B. durch eine Best-Practice-Broschüre "Energieeffiziente Rechenzentren". Weiterhin ist eine Verbesserung der Datenbasis zu Energieverbrauch und Energieeffizienz von Rechenzentren in Deutschland dringend geboten. Auch Branchenroadmaps z.B. zu innovativen Energieversorgungs-, Kühlungs- und Abwärmenutzungskonzepten für Rechenzentren wären ein wichtiger Beitrag zur Erschließung dieses Zukunftsmarktes. Auch die Entwicklung eines Leuchtturmprojektes „Faktor 10“ für das weltweit energieeffizienteste Rechenzentrum und die Entwicklung eines Konzepts für regelmäßige Energie-Checks oder Energieaudits von Rechenzentren würden für mehr Ressourceneffizienz durch IKT beitragen.

## Summary

The significance of Information and Communication Technology (ICT) as a dynamic field of innovation is increasing regarding both economic and environmental policy aspects. Already in 2004, the CO<sub>2</sub> emissions caused by the power consumption of ICT in Germany amounted to over 28 Mio. t CO<sub>2</sub>, which is considerably more than the CO<sub>2</sub> emissions of air traffic. This study makes clear that considerable reduction and efficiency potentials exist particularly in the area of data centers. Data centers constitute the greatest power users within the ICT infrastructure and account for approximately 80% of all servers. Their power consumption increases rapidly with the increasing use of Internet and mobile radiotelephone technologies. In 2005, around 1% of the world-wide power consumption was needed for servers, their cooling and their accessories. The power consumption of the approx. 50.000 data centers in Germany totaled to 8.67 TWh in 2006. This is equivalent to the annual power production of three mid-sized coal power plants and is more than 1.5 times the annual power production of the nuclear power plant Brunsbüttel. In 2006 the power consumption of the German data centers caused 5.6 Mio. t CO<sub>2</sub> emissions. Without additional efforts to increase efficiency, the CO<sub>2</sub> emissions caused by data centers will rise by 50% by the year 2010. If however energy efficient technologies and solutions that are available and in use by pioneers, such as increasing the temperature in server rooms from 22°C to 26°C, would be applied widespread, then a total of 21TWh or 13.6 Mio. t CO<sub>2</sub> could be saved in the time period from 2007 to 2010. In doing so, the operators of data centers could together save 2.5 billion € on energy costs by the year 2010. For operators of data centers, the future market “energy efficient data centers” is therefore of considerable economic importance. The same applies to those supplying hardware, software and planning services for data centers. This study demonstrates that US American companies will continue to dominate the market for energy efficient servers, whereas German and European manufacturers are well-positioned in the area of cooling, climate control and rack technologies and in the area of comprehensive planning services.

There is a significant need for action to unlock potentials for reducing environmental impacts by means of energy efficient data centers and to use the opportunities offered by this future market. This includes in particular improving the information and knowledge transfer to the operators of data centers, e.g. through a best practice brochure on “energy efficient data centers”. Furthermore, an improvement of the database on the energy consumption and energy efficiency of data centers in Germany and Europe is urgently needed. Sector roadmaps would be an important contribution to developing this future market. The initiation of a milestone project “Factor 10” for the worldwide most efficient data center and the development of a concept for periodic energy checks or energy audits for data centers would lead to a more resource efficient ICT sector.

## 1. Einleitung: Energieeffiziente IKT-Infrastrukturen

Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) ist als dynamisches Innovationsfeld nicht nur als eigenständiger Sektor relevant, sondern auch, weil sie als Querschnittstechnik alle Wirtschafts- und Gesellschaftsbereiche durchdringt.<sup>1</sup> Die Relevanz der IKT mit Blick auf grüne Zukunftsmärkte und eine ökologische Industriepolitik zeigt sich sowohl an der steigenden wirtschaftlichen als auch an der zunehmenden umweltpolitischen Bedeutung. Während IKT 1994 noch 4,7% zum Bruttoinlandsprodukt beitrug, waren es 2005 bereits 6,8%. Die Herstellung von Informations- und Kommunikationstechnologien wird aufgrund ihrer hohen F&E-Intensität zur Gruppe der „Spitzentechnologien“ gezählt, die sich im Vergleich zu nicht-forschungsintensiven Erzeugnissen durch höhere Wachstumsraten bei Bruttowertschöpfung, Umsatz und realer Produktion auszeichnet (BMBF 2006, 12). Außerdem zählen die Herstellung und Wartung von IKT sowie Software-Häuser und EDV- und datenbankbezogenen Dienstleistungen zu den sogenannten „wissensintensiven Industrien und Dienstleistungen“, die mit Blick auf den Wandel von der Industrie- zur Informationsgesellschaft eine Schlüsselposition einnehmen.

Bei der Betrachtung von Lebenszyklen der Informations- und Kommunikationstechnik zeigt sich immer wieder die große Bedeutung der Senkung des Energieverbrauchs während der Nutzung. Der durch IKT verursachte Elektroenergieverbrauch betrug im Jahr 2001 rund 38 Terrawattstunden (TWh)<sup>2</sup>. Dieser Verbrauch entsprach 7,1% des gesamten Elektroenergieverbrauchs im Jahr 2001.<sup>3</sup> Prognosen für das Jahr 2010 gehen von einer Zunahme auf 55 TWh aus, wobei der Großteil des Zuwachses durch die Infrastruktur (Rechenzentren, Server, Breitbandanschlüsse, Umstellung auf UMTS) bedingt ist (vgl. Abbildung 1). Weiterhin zeigen Untersuchungen zu neuen IKT-Technologien wie z.B. Foliendisplays und neuen Nutzungskonzepten wie z.B. der Tageszeitung auf elektronischem Papier, dass der relevante Energieverbrauch in Zukunft nicht bei den Endgeräten, sondern in der IKT-Infrastruktur liegen wird (Behrendt et al. 2005). Der wichtigste Parameter ist der durch die elektronischen Übertragungswege verursachte Energieverbrauch. Mit Blick auf den Energieverbrauch liegen in der Zu-

---

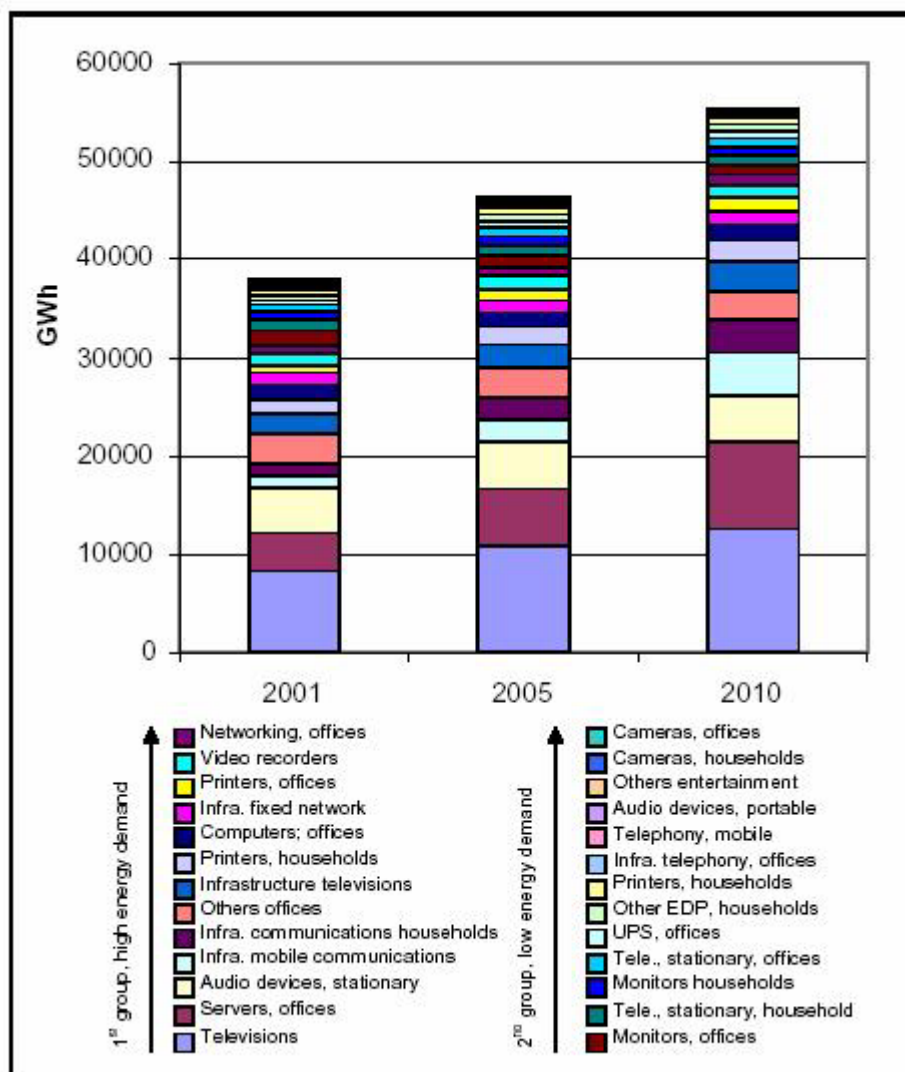
<sup>1</sup> Eine aktuelle Darstellung der umweltpolitischen Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnik wurden von BMU und UBA im Papier „Innovationsmotor Informations- und Kommunikationstechnik – Dynamik auch für Ressourcenschonung!“ anlässlich der 3. Fachkonferenz im Rahmen des nationalen Dialogprozesses zur Förderung nachhaltiger Konsum – und Produktionsmuster am 29. Nov. 2006 in Dessau vorgenommen.

<sup>2</sup> Dies umfasst sowohl die Endgeräte als auch die IKT-Infrastruktur (Server, Mobilfunknetze etc.) und schließt auch die Unterhaltungselektronik mit ein. Vgl. Cremer et al. (2003, 24).

<sup>3</sup> Berechnet auf Basis von AGEB 2007 unter Heranziehung eines Umrechnungsfaktors von 1,1 zwischen Endverbrauchsstrom und Bruttostromerzeugung.

kunft also insbesondere in der IKT-Infrastruktur wesentliche Einspar- und Effizienzpotenziale.

**Abbildung 1: IKT-bedingter Stromverbrauch in Deutschland bis 2010**



Quelle: Cremer et al. 2003, 27.

Innerhalb der IKT-Infrastruktur sind Server und Rechenzentren für den größten Teil des Stromverbrauchs verantwortlich. Außerdem wächst dieser Bereich überdurchschnittlich stark. Daher soll im Folgenden auf den Energieverbrauch und die Energieeffizienzpotenziale von Rechenzentren fokussiert werden.

## 2. Energieeffizienzpotenziale von Rechenzentren

Die Auseinandersetzung mit den Energieeffizienzpotenzialen von Rechenzentren verlangt zunächst, dass der Betrachtungsgegenstand „Rechenzentrum“ definiert und abgegrenzt wird. Außerdem werden im Folgenden die für den Energieverbrauch relevanten elektrischen Komponenten eines Rechenzentrums kurz vorgestellt sowie geklärt, von welcher Anzahl und Größe von Rechenzentren bei der Analyse auszugehen ist. Weiterhin werden im folgenden Kapitel der Energieverbrauch von Rechenzentren beleuchtet, Messkonzepte und Daten zu deren Energieeffizienz vorgestellt sowie der Nutzen für Umwelt und Gesellschaft sowie die wirtschaftlichen Potenziale energieeffizienter Rechenzentren analysiert.

### 2.1. Rechenzentren

#### 2.1.1. Abgrenzung und Begriffsdefinition

Bislang gibt es keine allgemein gültige Definition des Begriffs „Rechenzentrum“ bzw. „data centre“ (Cremer et al. 2003, 18). Je nach Verwendungszweck werden unterschiedliche Abgrenzungen vorgenommen. So unterscheidet das Uptime Institute (2006) in einer in den U.S.A. weitgehend als Standard anerkannten Klassifikation Rechenzentren anhand ihrer Verfügbarkeit, Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit (unterbrechungsfreie Stromversorgung und Kühlung etc.) und differenziert hierbei vier Typen. Cremer et al. (2003, 18) unterscheiden dahingegen mit Blick auf die Erfassung des Energieverbrauchs von Rechenzentren eine weite und enge Definition: In einer weiten Definition verstehen sie darunter „all buildings or parts of buildings which house ICT appliances and which are not directly associated with a specific user.“ In einer engeren Auslegung definieren sie den Begriff dann als „server farms... in which data and services for Internet applications are stored and performed.“ (Cremer et al. 2003, 18).

Eine nochmals andere Differenzierung wurde erst jüngst vom Marktforschungsunternehmen IDC entwickelt (Bailey et al. 2007). Dabei werden die in der Marktforschung gängigen grundlegenden Serverklassen (Volume, Mid-range und High-end Server) auf fünf Raumtypen verteilt. Die Raumtypen werden anhand von Kriterien wie Serveranzahl, Raumgröße, Art der Datenspeicherung, Art der Klimatisierung und Redundanz differenziert (vgl. Tabelle im Anhang). Auf dieser Basis wird zwischen „server closet“ (weniger als 20 qm<sup>4</sup>, 1 – 2 Server), „server room“ (weniger als 50 qm, einige Duzend Server), „localized data center (weniger als 100 qm, Duzend bis Hunderte von Ser-

---

<sup>4</sup> Dieser Wert wurde grob gerundet. Die Fläche ist im Originaldokument mit 200 ft<sup>2</sup>, 500 ft<sup>2</sup>, 1000 ft<sup>2</sup>, bzw. 5000 ft<sup>2</sup> angegeben, was bei exakter Umrechnung 18,58 qm, 46,45 qm, 92,9 qm, 464,51 qm entspricht.

vern), „Mid-tier data center“ (bis 500 qm, Hunderte von Servern) und „Enterprise class data center“ (größer als 500 qm, Hunderte bis Tausende von Servern) unterschieden. Eine solche Einteilung ist mit Blick auf die Erfassung und das Monitoring der Energieverbräuche und der Energieeffizienz von Rechenzentren grundsätzlich sinnvoll. In der aktuellen Fassung ist die Typologie aber noch sehr ungenau und nicht überschneidungsfrei. Außerdem wird der Begriff „Rechenzentrum“ bzw. „data center“ hier nicht eindeutig definiert.

Angesichts der Heterogenität der Begriffsauslegung gilt es für die vorliegende Arbeit eine Festlegung zu treffen. Danach soll der Terminus „Rechenzentrum“ wie folgt definiert werden:

*Mit „Rechenzentrum“ soll hier ein Gebäude bzw. sollen hier Räumlichkeiten bezeichnet werden, in denen die zentrale Rechentechnik (Server, aber auch die zum Betrieb notwendige Infrastruktur) einer oder mehrerer Firmen oder Organisationen untergebracht sind. Dabei muss es sich zumindest um einen eigenständigen Raum mit sicherer Stromversorgung und Klimatisierung handeln.*

Rechnerschränke („server closets“), die in einem Büroraum oder anderweitig genutzten Raum stehen, werden demnach hier nicht als „Rechenzentrum“ verstanden. Dies steht im Einklang mit den Abgrenzungen, die vom BITKOM-Arbeitskreis „Betriebssicheres Rechenzentrum & Infrastruktur“ vorgenommen werden, der hier zwischen „Serverschränken“ und „Rechenzentren“ unterscheidet.<sup>5</sup> Während Serverschränke nicht zwangsläufig in einem eigenständigen Raum untergebracht sein müssen, handelt es sich bei „Rechenzentren“ um eigene Räumlichkeiten für die zentrale Rechentechnik.

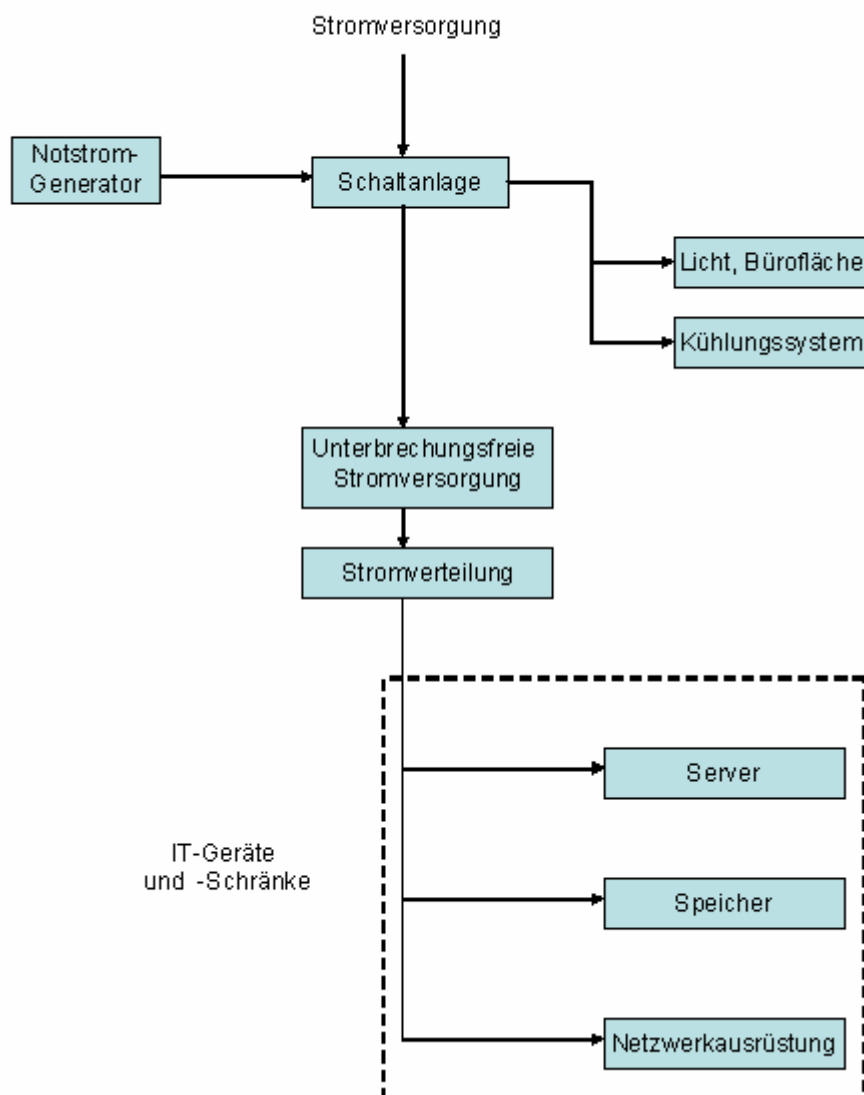
---

<sup>5</sup> Telefonat mit Dr. Ralph Hintemann, Bereichsleiter IT-Infrastruktur, Endgeräte und -systeme beim Branchenverband BITKOM, 10.05.2007.

### 2.1.2. Das Rechenzentrum als technisches System

Rechenzentren umfassen verschiedene technische und elektrische Komponenten, die mit Blick auf den Energieverbrauch und die Energieeffizienz von Bedeutung sind. Die wichtigsten Komponenten eines Rechenzentrums sind in der folgenden Abbildung dargestellt:

**Abbildung 2: Typische elektrische Komponenten in Rechenzentren**



Quelle: US-EPA (2007), 20 (Übersetzung vom Verfasser).

Die Abbildung macht deutlich, dass sich der Energieverbrauch in Rechenzentren nicht allein auf Server beschränkt, sondern auch andere IT-Komponenten wie Speichermedien und Netzwerkausrüstung eine wichtige Rolle spielen. Diese drei IT-Komponenten Server, Speicher, Netzwerkausrüstung bilden den Kern des Rechenzentrums. Für deren sicheren und verlässlichen Betrieb sind aber darüber hinaus noch andere Energieverbrauchende Komponenten wie die unterbrechungsfreie Stromversorgung, die Stromverteilung sowie die Klimatisierung und Kühlung von Nöten.

### **2.1.3. Anzahl Rechenzentren in Deutschland, der EU und weltweit**

Für die Ermittlung und das Monitoring des Energieverbrauchs von Rechenzentren ist die Frage zentral, wie viele Rechenzentren welchen Typs und welcher Größe es gibt. Hierzu existieren bis dato weder in der Wissenschaft noch bei den Branchenverbänden oder den einschlägigen Marktforschungseinrichtungen Statistiken. Die Berechnung des Energieverbrauchs von Rechenzentren wird daher bis dato auf Basis der verkauften bzw. installierten Serverzahlen berechnet oder pauschal geschätzt (vgl. dazu Kapitel 2.2). Angesichts dieser statistischen Lücke galt es im Rahmen dieser Studie eine grobe Abschätzung der Anzahl von Rechenzentren vorzunehmen. Methodisch am verlässlichsten erschien hier eine Kombination aus Herstellerbefragung<sup>6</sup> und Plausibilitätsüberprüfung anhand von Statistiken zur Anzahl installierter Server. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieser Studie gemeinsam mit der Branchenverband BITKOM eine Befragung von Herstellern und Anbietern von Server-Lösungen sowie von Strom-, Schrank- und Klimatisierungslösungen für Rechenzentren durchgeführt (vgl. Anhang).<sup>7</sup> Die Ergebnisse wurden anschließend anhand von Statistiken über verkaufte und installierte Serverzahlen (IDC 2006, Koomey 2007, EITO 2007) auf Plausibilität hin überprüft. Auf Basis der Befragung und der Plausibilitätsüberprüfung kann von den in Tabelle 1 genannten Zahlen von Rechenzentren ausgegangen werden.<sup>8</sup> Nimmt man diese Zahlen als Grundlage und zieht zusätzlich die Statistiken über die Anzahl instal-

---

<sup>6</sup> Eine Befragung von Herstellern und Anbietern von Server-, Strom-, Rack- und Klimatisierungslösungen für Rechenzentren erschien hier naheliegend, da diese direkt am Markt agieren und mit den Planern und Betreibern von Rechenzentren im ständigen Austausch stehen.

<sup>7</sup> Im Rahmen des Fragebogens wurde u.a. danach gefragt, wie hoch die Anzahl von Rechenzentren in Deutschland, der EU und weltweit geschätzt wird. Bei der Befragung wurde die in Kapitel 2.1.1 vorgestellte Definition von Rechenzentren verwandt. In 20 von insgesamt 25 auswertbaren Antwortbögen wurden Angaben zur Größe und Fläche von Rechenzentren.

<sup>8</sup> Die Antworten weisen eine große Bandbreite von Schätzungen auf. Zur Ermittlung der Zahlen in Tabelle 1 wurden die 10% höchsten und 10% niedrigsten Nennungen (Extreme) nicht berücksichtigt. Aus den verbleibenden Nennungen (n = 15) wurde der Durchschnittswert gebildet und gerundet.

lierter Server heran (IDC 2006, Koomey 2007, EITO 2007), so lässt sich die durchschnittliche Anzahl von Servern pro Rechenzentrum errechnen:

**Tabelle 1: Anzahl Rechenzentren und installierter Server**

|             | Anzahl Rechenzentren 2007 | Anzahl installierter Server 2007 | Durchschnittliche Anzahl von Servern pro Rechenzentrum |
|-------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Deutschland | 50.000                    | 1.592.484 <sup>(9)</sup>         | 32                                                     |
| EU          | 330.000                   | 7.560.072 <sup>(10)</sup>        | 23                                                     |
| Weltweit    | 3.000.000                 | 32.000.000 <sup>(11)</sup>       | 11                                                     |

Die durchschnittliche Größe eines Rechenzentrums wurde von den befragten Herstellern und Anbietern auf rund 90 m<sup>2</sup> geschätzt.

Eine Differenzierung der Gesamtanzahl von Rechenzentren nach verschiedenen Typen und Größenklassen ist für Deutschland, die EU und weltweit bis dato nicht möglich und bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Für die U.S.A. dahingegen liegt seit kurzem eine erste Abschätzung vor. Das Marktforschungsunternehmen IDC schätzt die Verteilung verschiedener Serverklassen auf verschiedene Raumtypen wie folgt ein:

**Tabelle 2: Verteilung von Servern nach Raumtypen in den U.S.A**

| Server class | % of servers installed in: |              |              |          |                  | Total |
|--------------|----------------------------|--------------|--------------|----------|------------------|-------|
|              | Server closets             | Server rooms | Data centers |          |                  |       |
|              |                            |              | Localized    | Mid-tier | Enterprise-class |       |
| Volume       | 17%                        | 20%          | 17%          | 15%      | 30%              | 100%  |
| Mid-range    | 0%                         | 5%           | 16%          | 14%      | 65%              | 100%  |
| High-end     | 0%                         | 0%           | 16%          | 14%      | 71%              | 100%  |

Quelle: U.S. EPA 2007, 35 auf Basis von Bailey et al. 2007 und IDC 2007.

<sup>9</sup> Die Anzahl in Deutschland installierter Server wurde auf Basis von EITO (2007, 232) errechnet. Dabei wurde die Anzahl verkaufter Server („shipments“) mit 4 multipliziert, was dem gängigen Verhältnis der Anzahl von „shipments“ zur Anzahl installierter Server entspricht (vgl. Koomey 2007, 21).

<sup>10</sup> Die Anzahl in der EU installierter Server wurde auf Basis von EITO (2007, 230) errechnet. Dabei wurde die Anzahl verkaufter Server („shipments“) mit 4 multipliziert, was dem gängigen Verhältnis der Anzahl von „shipments“ zur Anzahl installierter Server entspricht (vgl. Koomey 2007, 21).

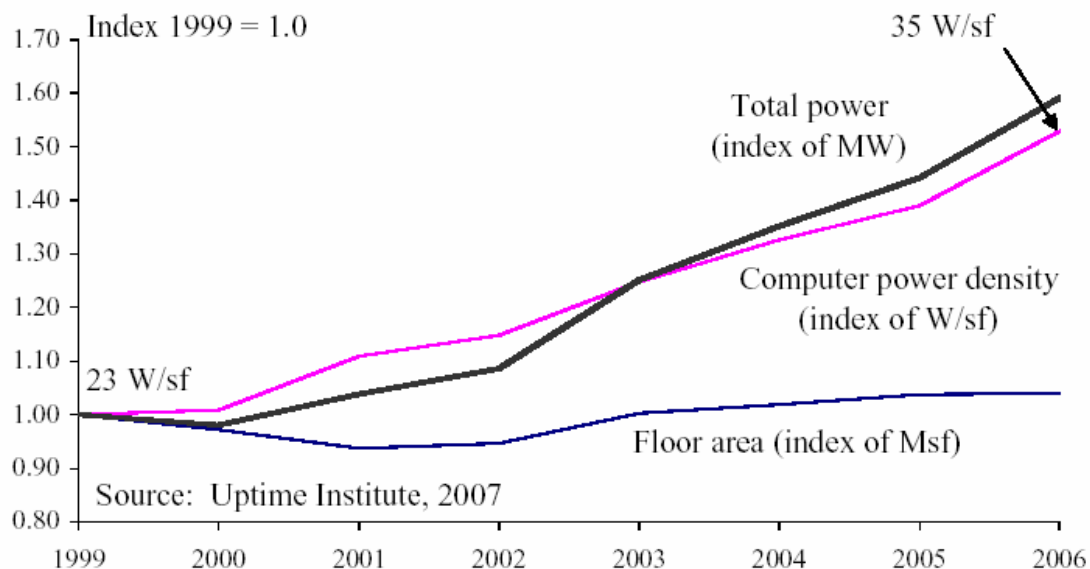
<sup>11</sup> Vgl. IDC 2006.

## 2.2. Energieverbrauch und Energieeffizienz von Rechenzentren

Obwohl der Energieverbrauch und die Energieeffizienz von Rechenzentren bereits seit Ende der 80er Jahre Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen sind (Spreng/Aebischer 1990) findet eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Thema innerhalb der IKT-Branche erst seit kurzem statt. Seit der ersten Jahreshälfte 2006 kann eine rasant zunehmende Auseinandersetzung mit Energiefragen innerhalb der IKT-Branche, aber auch in der Politik und Wissenschaft beobachtet werden. Maßgebliche Auslöser dafür sind zum einen die zunehmende Energiedichte innerhalb von Rechenzentren und zum anderen steigende Energiepreise.

Die steigende Energiedichte ist auf den Trend zu hoch verdichteten Servern, insbesondere den zunehmenden Einsatz sogenannter Bladeserver zurückzuführen. Diese platzsparenden Systeme weisen nicht nur eine höhere Energiedichte, sondern auch einen höheren Kühlungsbedarf auf, damit sie auf einer adäquaten betriebssicheren Temperatur gehalten werden können. Die steigende Energiedichte wird u.a. durch eine Untersuchung des Uptime Institute (2007) in 19 US-amerikanischen Rechenzentren bestätigt. Wie Abbildung 3 zeigt, ist die Energiedichte in den untersuchten Einrichtungen von 23 Watt pro Bezugsfläche (W/sf) in 1999 auf 35 Watt in 2006 angestiegen.<sup>12</sup>

**Abbildung 3: Steigende Energiedichte in Rechenzentren**

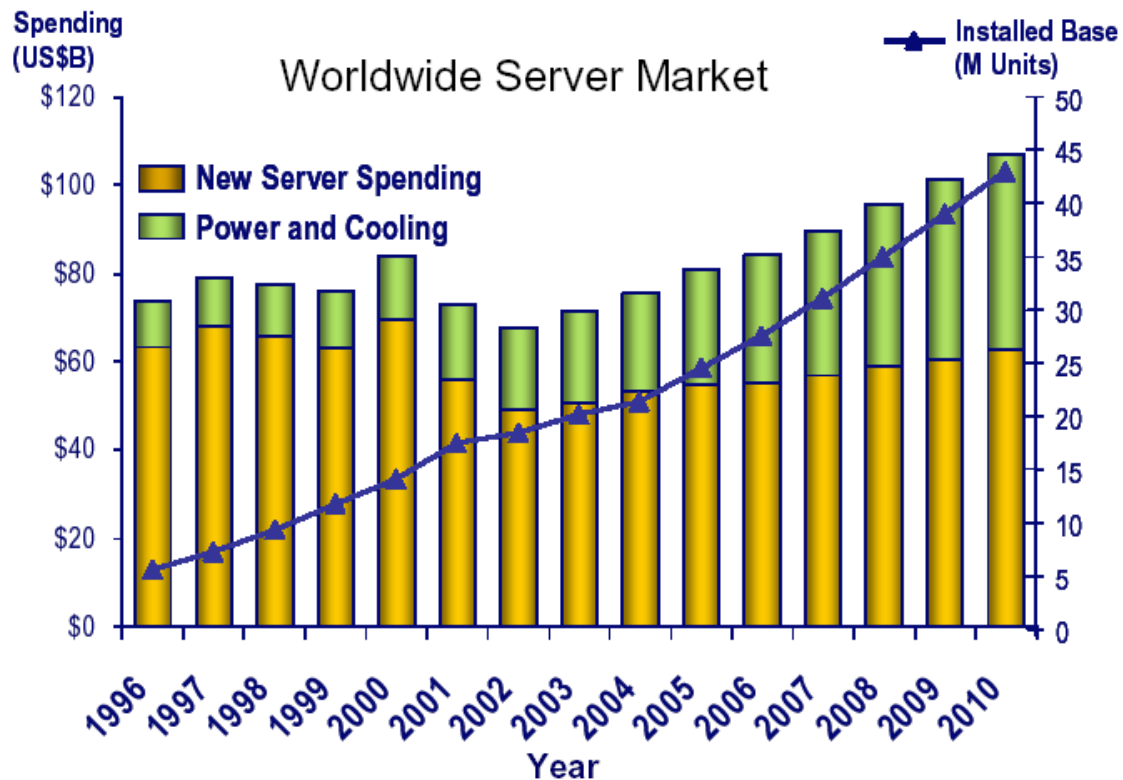


Quelle: Uptime Institute 2007.

<sup>12</sup> Ein Quadrat-Fuß (square foot = sf) entspricht 0,092903 m<sup>2</sup>. Die Energiedichte lag 1990 damit bei 248 Watt pro Quadratmeter bzw. bei 377 Watt pro Quadratmeter in 2006.

Während sich bei IT-Herstellern und Rechenzentrumsbetreibern bis 2005 kaum jemand für Energiefragen interessiert hatte, ändert sich dies schlagartig mit Veröffentlichungen von Marktforschungsunternehmen wie IDC und Gartner in 2006. Nach deren Prognosen werden die Energiekosten für Rechenzentren rasant ansteigen. „Heute machen Energiekosten typischerweise weniger als zehn Prozent des gesamten IT-Budgets aus.“, so ein Vertreter von Gartner. „In den nächsten Jahren könnte der Anteil auf mehr als 50 Prozent steigen.“ (Computerwoche 2006a). Wie Abbildung 4 zeigt, geht IDC davon aus, dass die Energieausgaben (Ausgaben für Stromversorgung und Kühlung) bei Rechenzentren in naher Zukunft ähnlich hoch sein werden wie die IT-Hardware selbst (Ausgaben für die Anschaffung der Server).

**Abbildung 4: Anzahl installierter Server und deren Strom-/Kühlungskosten weltweit**

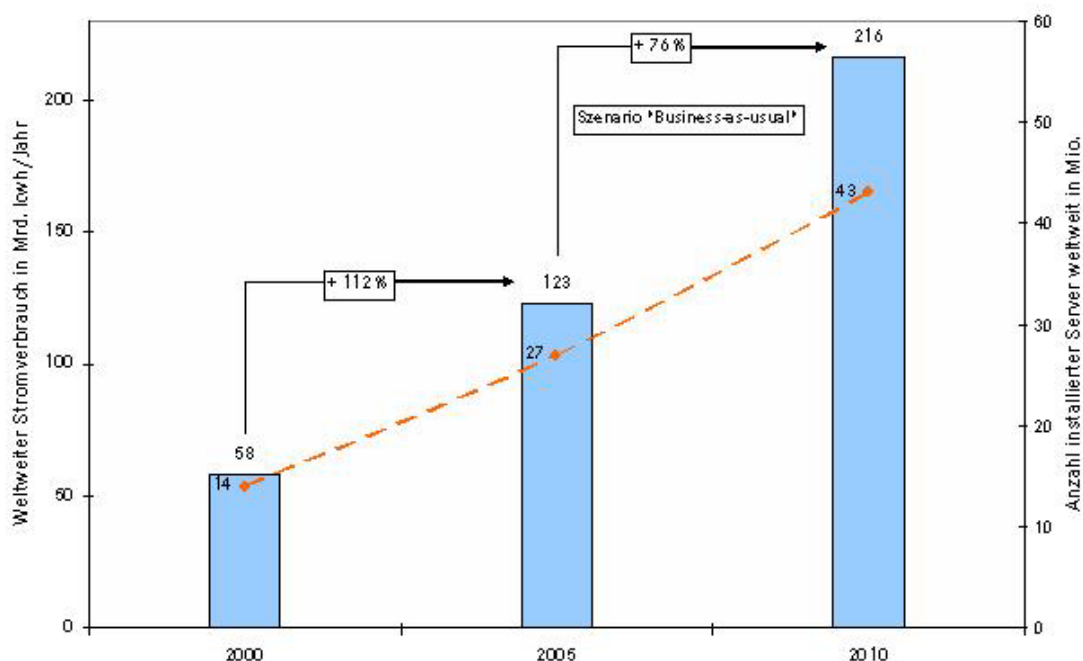


Quelle: IDC 2006.

### 2.2.1. Globale Trends des Energieverbrauchs von Rechenzentren

Bislang wird in keinem Land der Welt der Energieverbrauch von Rechenzentren systematisch erfasst. Dementsprechend liegen dazu bis dato auch keine Statistiken vor. Gleichwohl können auf Basis der verkauften und installierten Server-Zahlen Hochrechnung vorgenommen werden, die eine Trendaussage erlauben. Die bis dato detaillierteste Studie zum Stromverbrauch von Servern wurde erst jüngst von Koomey (2007) vorgelegt. Auf Basis von Daten des Marktforschungsunternehmens IDC zur Anzahl installierter Server sowie auf Basis typischer Servermodelle (Volume-, Mid-range-, High-range Server) und ihres durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs kommt er zu dem Schluss, dass der weltweite Stromverbrauch durch Server von 58 Mrd. KWh im Jahr 2000 auf 123 Mrd. KWh in 2005 angestiegen ist. Dies entspricht einem Anstieg von 112% innerhalb von 5 Jahren.

**Abbildung 5: Anzahl installierter Server und deren Stromverbrauch weltweit**



Quelle: IDC 2006 (Anzahl installierter Server), Koomey 2007 (Stromverbrauch 2000 und 2005) sowie eigene Berechnungen (Stromverbrauch 2010).

Der weltweite Stromverbrauch von Servern lag 2005 damit bei 0,8 Prozent des Gesamtstromverbrauchs. Geht man davon aus, dass der durch Server und ihre Kühlung bedingte Energieverbrauch in Rechenzentren nur ca. 60 – 80% des Gesamtverbrauchs

von Rechenzentren ausmacht<sup>13</sup> (Koomey 2007, 2), so lässt sich der Stromverbrauch von Rechenzentren am weltweiten Gesamtstromverbrauch auf rund 1 Prozent beziffern.

Die Anzahl weltweit installierter Server stieg von 14 Millionen im Jahr 2000 auf 27 Millionen in 2005. IDC (2006) prognostiziert einen weiteren Anstieg bis 2010 auf dann 43 Millionen installierte Server. Legt man diese Zahlen zugrunde und geht davon aus, dass der durchschnittliche Stromverbrauch eines Servers bis 2010 in dem Umfang ansteigen wird, wie er dies im Zeitraum von 2000 bis 2005 getan hat, so wird der weltweite Stromverbrauch für Server und deren Kühlung und Zubehör bis 2010 um weitere 76% ansteigen und dann bei 216 Mrd. KWh liegen (Koomey 2007, 8).

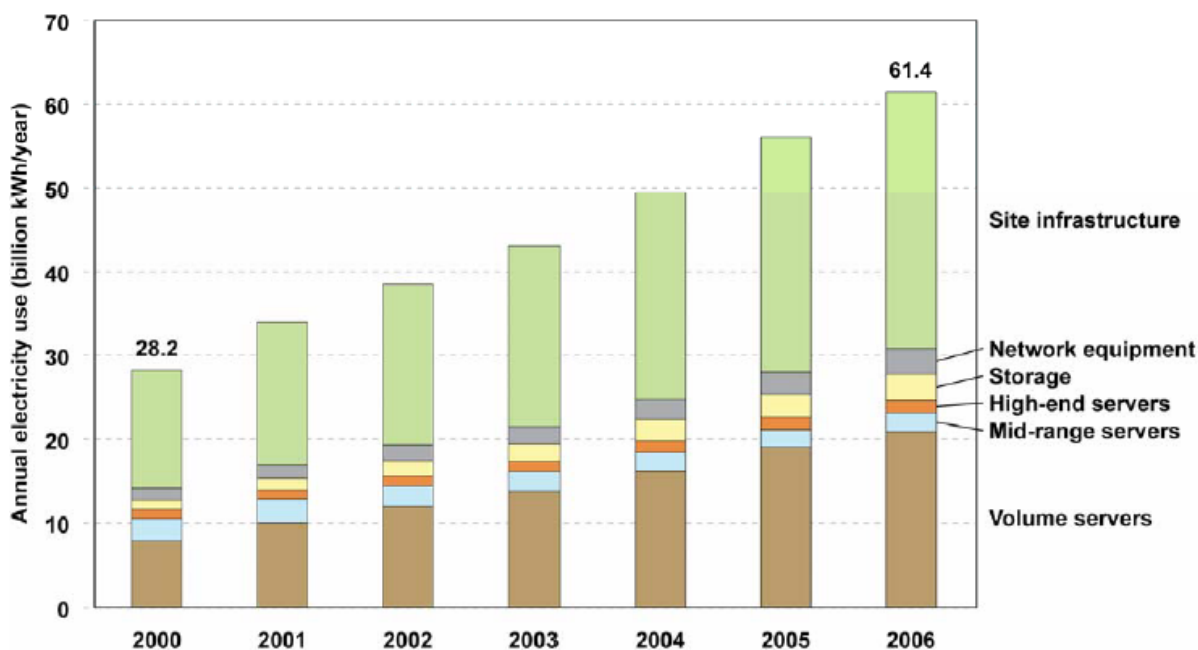
### **2.2.2. Trends und Szenarien für die U.S.A.**

Ein ähnlicher Trend zeigt sich in den U.S.A. Dort stieg der Stromverbrauch für Server und Rechenzentren von 28,2 Mrd. KWh in 2000 auf 61,4 Mrd. KWh in 2006 an und verdoppelte sich damit innerhalb von nur sechs Jahren (US EPA 2007, 25). Der Anteil von Rechenzentren und Servern am Gesamtenergieverbrauch der U.S.A. lag 2006 bei 1,5 %. Wie die folgende Abbildung und Tabelle zeigen, teilt sich der Energieverbrauch von Rechenzentren<sup>14</sup> je zur Hälfte auf die IT-Geräte (Volume-, Mid-range Server, High-end Server, Speicherung, Netzwerkausrüstung) und die dafür notwendige Infrastruktur (Unterbrechungsfreie Stromversorgung, Stromverteilung, Kühlung etc.) auf. Das heißt, damit derzeit nur 50% des Gesamtstromverbrauchs eines Rechenzentrums den eigentlichen IT-Geräten zugute kommt.

---

<sup>13</sup> Neben Servern verbrauchen auch die Rechenzentrumsbereiche Datenspeicherung und Netzwerkkommunikation erhebliche Mengen an Strom.

<sup>14</sup> Sowie von Serverschränken.

**Abbildung 6: Stromverbrauch von Rechenzentren und Servern in den U.S.A.**

Quelle: US EPA 2007, 26.

Ein besonders starkes Wachstum lässt sich bei sogenannten „Volume-Servern“ beobachten, also solchen Servern, die im Preissegment bis 25.000 US-Dollar liegen. Deren Anteil am Stromverbrauch von Rechenzentren lag in 2000 bei 29% und stieg bis 2006 auf 34% an. Deren jährliche Wachstumsrate lag in dieser Zeit bei 17%.

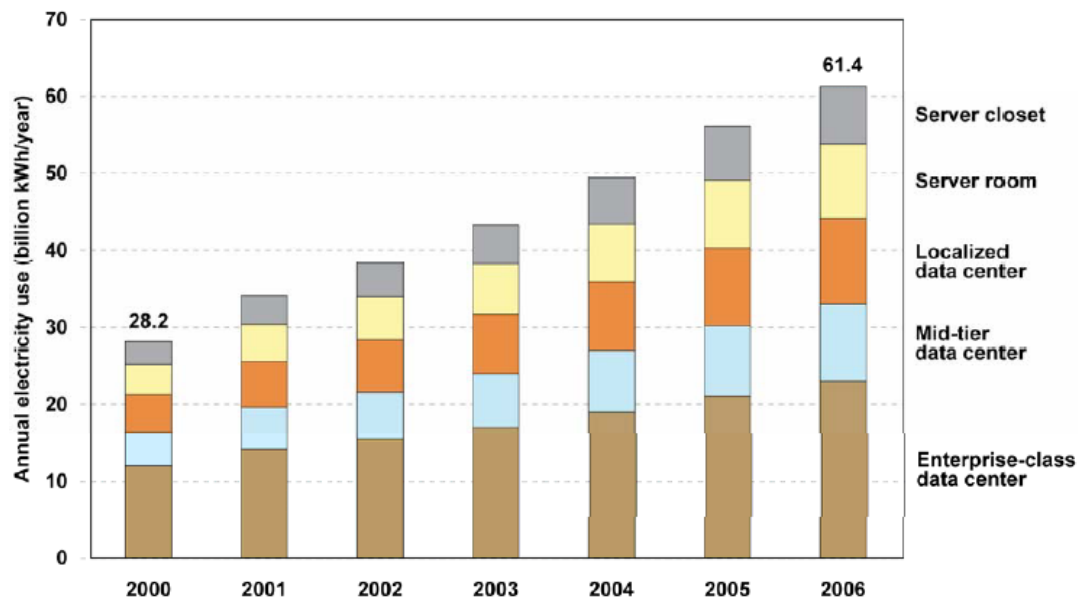
**Tabelle 3: Anteil am Stromverbrauch von Rechenzentren in den U.S.A.**

| End use component   | 2000                             |         | 2006                             |         | 2000 - 2006<br>electricity use<br>CAGR |
|---------------------|----------------------------------|---------|----------------------------------|---------|----------------------------------------|
|                     | Electricity use<br>(billion kWh) | % Total | Electricity use<br>(billion kWh) | % Total |                                        |
| Site infrastructure | 14,1                             | 50%     | 30,7                             | 50%     | 14%                                    |
| Network equipment   | 1,4                              | 5%      | 3,0                              | 5%      | 14%                                    |
| Storage             | 1,1                              | 4%      | 3,2                              | 5%      | 20%                                    |
| High-end servers    | 1,1                              | 4%      | 1,5                              | 2%      | 5%                                     |
| Mid-range servers   | 2,5                              | 9%      | 2,2                              | 4%      | -2%                                    |
| Volume servers      | 8,0                              | 29%     | 20,9                             | 34%     | 17%                                    |
| Total               | 28,2                             |         | 61,4                             |         | 14%                                    |

Quelle: US EPA 2007, 26.

Den größten Anteil am Stromverbrauch haben in den U.S.A. die Großrechenzentren („Enterprise class data center“)<sup>15</sup>. Diese hatten in 2006 einen Anteil am Stromverbrauchs aller Rechenzentren von 38%.

<sup>15</sup> Zur Definition der verschiedenen Größenklassen von Rechenzentren vgl. Anhang 3.

**Abbildung 7: Stromverbrauch von Rechenzentren in U.S.A nach Größenklassen**

Quelle: US EPA 2007, 27.

Analysiert man die Stromverbrauchstrends in Hinblick auf die verschiedenen Größenklassen von Rechenzentren, so zeigt sich, dass im Zeitraum von 2000 bis 2006 bei allen Größenklassen ein zweistelliges jährliches Wachstum zu verzeichnen war. Der stärkste Anstieg lag bei den Serverschränken („server closets“) mit einer jährlichen Zunahme des Stromverbrauchs von 17%.

**Tabelle 4: Stromverbrauch von Rechenzentren in U.S.A. nach Größenklassen**

| Space type                   | 2000                             |            | 2006                             |            | 2000 - 2006<br>electricity use<br>CAGR |
|------------------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|----------------------------------------|
|                              | Electricity use<br>(billion kWh) | %<br>Total | Electricity use<br>(billion kWh) | %<br>Total |                                        |
| Server closet                | 3,0                              | 11%        | 7,5                              | 12%        | 17%                                    |
| Server room                  | 3,9                              | 14%        | 9,7                              | 16%        | 16%                                    |
| Localized data center        | 4,9                              | 17%        | 11,1                             | 18%        | 15%                                    |
| Mid-tier data center         | 4,4                              | 16%        | 10,0                             | 16%        | 15%                                    |
| Enterprise-class data center | 12,0                             | 43%        | 23,0                             | 38%        | 12%                                    |
| Total                        | 28,2                             |            | 61,4                             |            | 14%                                    |

Quelle: US EPA 2007, 27.

Zur Abschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs von Rechenzentren und Servern in den U.S.A. wurden von der US-amerikanischen Environmental Protection Agency (EPA) verschiedene Szenarien für den Zeitraum von 2006 bis 2011 entworfen. Die Szenarien wurden auf einen Zeithorizont von fünf Jahren beschränkt, weil die Dynamik und Veränderungen in der IT-Branche enorm hoch sind und Prognosen, die über fünf Jahre hinausgehen, mit hohen Fehlerrisiken behaftet wären (US EPA 2007, 7). Von der

EPA werden folgende fünf Szenarien unterschieden.<sup>16</sup> Bei den beiden ersten Szenarien handelt es sich um sogenannte „Basisszenarien“, die davon ausgehen, dass sich vergangene oder aktuelle Trends fortsetzen, dass aber keine zusätzlichen Anstrengungen in Richtung Energieeffizienz unternommen werden. Die drei folgenden „Alternativszenarien“ unterstellen verstärkte bzw. deutlich verstärkte Anstrengungen gegenüber dem Status quo:

1. „*Historische Trends-Szenario*“. Hier werden die Wachstumsraten des Energieverbrauchs von Rechenzentren und Servern aus den Jahren 2000 bis 2006 für den Zeitraum bis 2011 extrapoliert.
2. „*Aktuelle Effizienz-Trends-Szenario*“. Hier werden aktuell beobachtbare Trends zur Steigerung der Energieeffizienz bei Servern und Rechenzentrumsinfrastrukturen zu Grunde gelegt. Es wird z.B. angenommen, dass 5% aller Volume-Server, die in 2007 verkauft werden, energieeffizient sind, d.h. dass diese 25% weniger Strom verbrauchen als durchschnittliche Server. In dem Szenario steigt die Rate energieeffizienter Server auf 15% in 2011.
3. „*Verbesserter Betrieb-Szenario*“. Hier wird davon ausgegangen, dass zusätzlich zu den ohnehin beobachtbaren Effizienztrends (s.o.) zusätzliche Effizienzmaßnahmen ergriffen werden, die allerdings keine oder nur sehr geringe Zusatzinvestitionen erfordern. Hier geht es, um die „Low hanging fruits“, die durch einen effizienteren Betrieb des aktuellen Kapitalstocks „geerntet“ werden können. So wird z.B. davon ausgegangen, dass 5% der physischen Server durch Virtualisierung ersetzt werden können und „power management“ bei 100% der Server angewendet wird.
4. „*Best-Practice-Szenario*“. Hier wird davon ausgegangen, dass die bereits verfügbare Best-Practice-Lösungen einzelner Rechenzentren auf breiterer Basis angewendet werden. Dazu zählt z.B. dass alle eingesetzten Volume-Server als energieeffizient eingestuft werden können (s.o.) und dass die Netzgeräte eine Effizienz von 98% erreichen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Stromnutzungseffektivität<sup>17</sup>, die aktuell bei einem Wert von rund 2,0 liegt, bis 2011 auf 1,5 sinkt.
5. „*State-of-the-art-Szenario*“. Von allen Szenarien wird hier von der höchsten Steigerung der Energieeffizienz ausgegangen. Dabei wird unterstellt, dass die besten heute verfügbaren Energieeffizienz-Technologien und Lösungen auf breiter Front angewendet werden. Dabei wird z.B. von einer starken Anwendung von Virtualisierungslösungen ausgegangen und unterstellt, dass in 2011 fünf virtuelle Server auf einem physischen Server abgebildet werden können, was einer Substitutionsrate physischer Server von 5 zu 1 entspricht. Außerdem wird z.B. die Anwendung von Flüssigkeitskühlung bei Serverschränken angenommen.

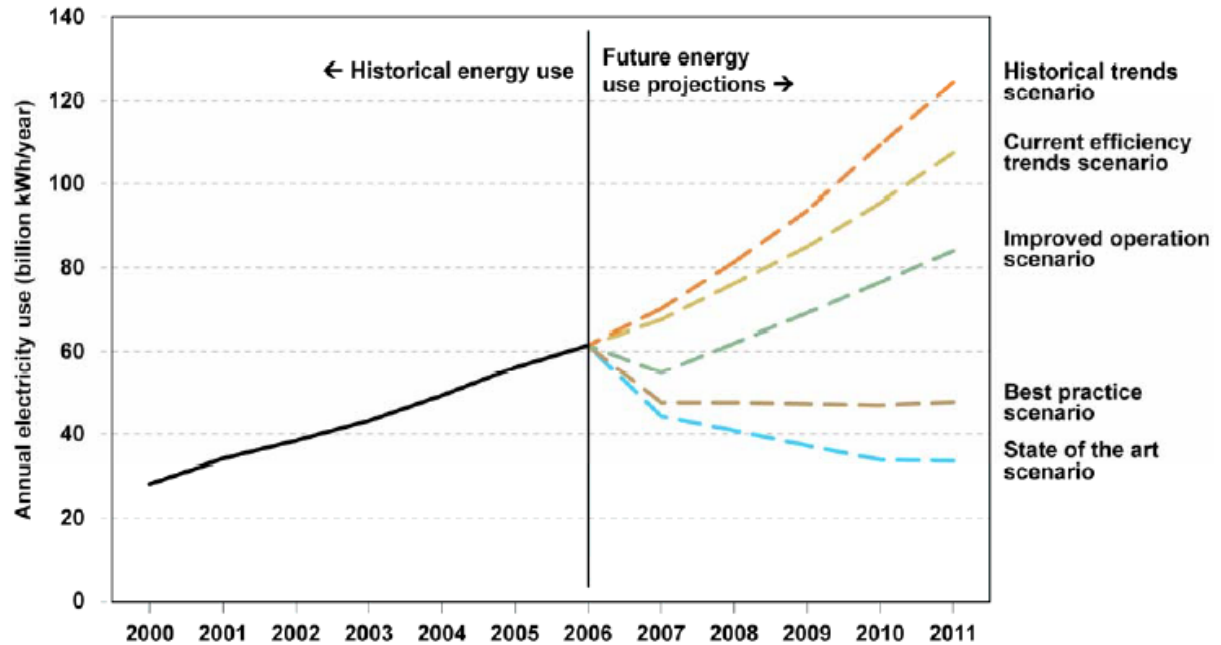
---

<sup>16</sup> Eine ausführliche Beschreibung der Szenarien und Annahmen findet sich in Anhang 4 und 5.

<sup>17</sup> Verhältnis von Gesamtstromverbrauch eines Rechenzentrums zum Stromverbrauch der IT-Geräte. Vgl. dazu die Ausführungen in Kapitel 2.2.4.

Basierend auf diesen Szenarien ergeben sich folgende Energieverbrauchsverläufe im Zeitraum von 2007 bis 2011.

**Abbildung 8: Szenarien des Stromverbrauchs von Rechenzentren in den USA**



Quelle: US EPA 2007, 56.

Mit Blick auf die Eintrittswahrscheinlichkeit der verschiedenen Szenarien, erscheint das Historische Trends-Szenario unwahrscheinlich, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die aktuell schon beobachtbaren Effizienztrends abgebrochen werden. Bei den Alternativszenarien können alle drei eintreten, je nachdem in welchem Umfang von Politik, Verbänden und Unternehmen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden.

**Tabelle 5: Szenarien des Stromverbrauchs von Rechenzentren in den USA im Vergleich (in Mrd. KWh/Jahr)**

| Scenario                  | 2007 | 2008 | 2009 | 2010  | 2011  | 2007-2011 Total | % of historical trends scenario | % of current efficiency trends scenario |
|---------------------------|------|------|------|-------|-------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
| Historical trends         | 70   | 81,3 | 93,7 | 109,3 | 124,5 | 478,8           | 100%                            | 111%                                    |
| Current efficiency trends | 67,4 | 76,1 | 85   | 95,5  | 107,4 | 431,4           | 90%                             | 100%                                    |
| Improved operation        | 54,9 | 61,9 | 69   | 76,4  | 84    | 346,3           | 72%                             | 80%                                     |
| Best practice             | 47,6 | 47,6 | 47,2 | 46,9  | 47,7  | 236,9           | 49%                             | 55%                                     |
| State-of-the-art          | 44,3 | 40,8 | 37,2 | 33,8  | 33,6  | 189,7           | 40%                             | 44%                                     |

Quelle: US EPA 2007, 56.

Vergleicht man beispielsweise das „Aktuelle Effizienz-Trends-Szenario“ mit dem „State-of-the-Art-Szenario“, so wird deutlich, dass zusätzliche Effizienz-Anstrengungen darüber entscheiden, ob der Stromverbrauch von Rechenzentren in Zukunft weiter ansteigen oder ob der Stromverbrauch trotz zunehmender Serverzahlen und Internetnutzung abnehmen wird. Im Falle des „Aktuelle Effizienz-Trends-Szenario“ würde der Stromverbrauch von 61,4 Mrd. KWh/Jahr in 2006 auf 107,4 Mrd. KWh/Jahr in 2011 ansteigen. Im Falle des „State-of-the-art-Szenario“ würde der Stromverbrauch auf 33,6 Mrd. KWh/Jahr sinken. Ohne zusätzliche Effizienzmaßnahmen wird der Energieverbrauch von Rechenzentren also um rund 75% steigen, im Falle forcierter Effizienz-Anstrengungen ist eine Halbierung des Stromverbrauchs zu erreichen.

Wie Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen, hat der Stromverbrauch hat einen erheblichen Einfluss sowohl auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch auf die Betriebskosten von Rechenzentren.

**Tabelle 6: Prognostizierte Stromkosten von Rechenzentren in den U.S.A. (in Mrd. US-Dollar)**

| Scenario                  | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2007-2011<br>Total | % of<br>historical<br>trends<br>scenario | % of current<br>efficiency<br>trends<br>scenario |
|---------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Historical trends         | 5,2  | 6    | 6,8  | 7,8  | 8,6  | 34,4               | 100%                                     | 111%                                             |
| Current efficiency trends | 5    | 5,7  | 6,2  | 6,8  | 7,4  | 31,1               | 90%                                      | 100%                                             |
| Improved operation        | 4,1  | 4,6  | 5    | 5,4  | 5,8  | 24,9               | 72%                                      | 80%                                              |
| Best practice             | 3,5  | 3,5  | 3,4  | 3,3  | 3,3  | 17,1               | 50%                                      | 55%                                              |
| State-of-the-art          | 3,3  | 3    | 2,7  | 2,3  | 2,3  | 13,7               | 40%                                      | 44%                                              |

Quelle: US EPA 2007, 57.

**Tabelle 7: Durch Stromverbrauch von Rechenzentren bedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen (in Mio. t/Jahr)**

| Scenario                  | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2007-2011<br>Total | % of<br>historical<br>trends<br>scenario | % of current<br>efficiency<br>trends<br>scenario |
|---------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Historical trends         | 44,4 | 51,2 | 59,2 | 69,2 | 78,8 | 302,8              | 100%                                     | 111%                                             |
| Current efficiency trends | 42,8 | 47,9 | 53,6 | 60,5 | 67,9 | 272,7              | 90%                                      | 100%                                             |
| Improved operation        | 34,8 | 39,0 | 43,5 | 48,4 | 53,1 | 219,0              | 72%                                      | 80%                                              |
| Best practice             | 30,2 | 30,0 | 29,8 | 29,7 | 30,1 | 149,8              | 50%                                      | 55%                                              |
| State-of-the-art          | 28,1 | 25,7 | 23,5 | 21,4 | 21,2 | 119,9              | 40%                                      | 44%                                              |

Quelle: US EPA 2007, 58.

### 2.2.3. Trends und Szenarien für Deutschland

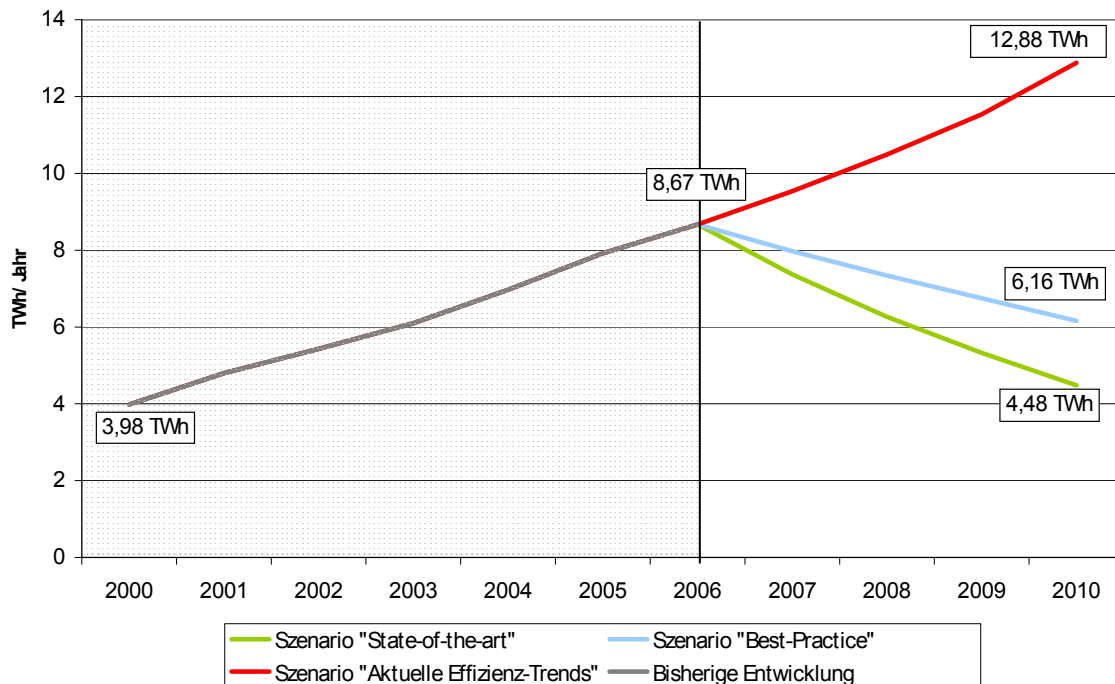
Im Gegensatz zu den U.S.A. liegen für Deutschland noch keine detaillierten Zahlen über den Energieverbrauch von Servern und Rechenzentren vor. Eine erste grobe Abschätzung nehmen Cremer et al. (2003) im Rahmen einer Gesamtabeschätzung des Energieverbrauchs der Informations- und Kommunikationstechnik in Deutschland bis 2010 vor. Nach deren Prognose gehören Server und Rechenzentren („Büro-Infrastruktur“) zu den besonders stark wachsenden Stromverbrauchern innerhalb der Informations- und Kommunikationstechnik (vgl. Abbildung 1). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Anzahl installierter Server und Geräte von 2001 bis 2010 um 50% anwächst. Diese Annahme wird durch die mittlerweile vorliegenden realen Verkaufszahlen im Zeitraum bis 2006 gestützt (EITO 2007, 232). Weiterhin wird bei dem Szenario davon ausgegangen, dass der durchschnittliche Strombedarf von Servern ansteigt. Auf dieser Basis prognostizieren Cremer et al. (2003, 24) einen Anstieg des Energiebedarfs für Server und Rechenzentren in Deutschland von 5,4 TWh in 2001 auf 7,7 TWh in 2005 und auf 11,1 TWh in 2010. Diese Zahlen korrespondieren mit Trends und Szenarien, die sich auf Basis aktueller Zahlen aus den U.S.A. (US EPA 2007) errechnen lassen. Diese Berechnungen sollen im Folgenden vorgestellt werden.

Der Anteil des Stromverbrauchs von Servern und Rechenzentren am Gesamtstromverbrauch lag in den U.S.A. im Jahr 2006 bei 1,5% (US EPA 2007, 25). Legt man diesen Wert auch für Deutschland zu Grunde und geht davon aus, dass die Wachstumsraten beim Stromverbrauch von Rechenzentren in Deutschland zwischen 2000 bis 2006 denen in den U.S.A. entsprechen, so ergibt sich der in Abbildung 9 dargestellte Verlauf. Danach lag der Stromverbrauch der rund 50.000 deutschen Rechenzentren in 2006 bei 8,67 TWh. Dies entspricht der Jahresstromproduktion von drei mittelgroßen Kohlekraftwerken<sup>18</sup> und ist mehr als das 1,5-fache der Jahresstromproduktion des Atomkraftwerkes Brunsbüttel.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Dabei wird von Mittellast-Kraftwerken in der Größe von 600 MW elektrische Leistung und einer Jahresbruttostromerzeugung von 3 TWh pro Kraftwerk ausgegangen. Bei einem Umrechnungsfaktor von 1,1 von Endverbrauchsstrom zu Bruttostromerzeugung entspricht dies 8,1 TWh Endverbrauchsstrom bei drei Kraftwerken.

<sup>19</sup> Die erzeugte Elektrizitätsmenge (netto) des AKW Brunsbüttel betrug in 2006 rund 5,9 TWh. (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2007). Dies entspricht einer Endstrommenge von rund 5,4 TWh.

**Abbildung 9: Stromverbrauch von Rechenzentren in Deutschland**

Bei der Frage, wie sich der Stromverbrauch von Rechenzentren in Deutschland entwickeln wird, kann auf die in Kapitel 2.2.2 vorgestellten Szenarien zurückgegriffen werden. Dabei soll die Betrachtung hier auf drei Szenarien beschränkt werden.

Das Szenario „Aktuelle Effizienz-Trends“ beschreibt den Fall, dass die bereits laufenden Effizienztrends sich fortsetzen, dass aber von Seiten der Politik, der IT-Hersteller und der Betreiber von Rechenzentren keine zusätzlichen Effizienzmaßnahmen ergriffen werden. In diesem Fall wird der Stromverbrauch deutscher Rechenzentren im Zeitraum von 2006 bis 2010 von 8,67 auf 12,88 TWh ansteigen. Dies entspricht einer Zunahme des Stromverbrauchs von 48,5%.

Werden dahingegen von Seiten der Wirtschaft und der Politik zusätzliche Effizienzsteigerungsmaßnahmen ergriffen und die bereits verfügbaren Best-Practice-Lösungen einzelner Rechenzentren auf breiter Basis angewendet, so ließe sich eine Senkung des Stromverbrauchs von nahezu 30% erzielen. Sollte das „Best-Practice“-Szenario eintreten, würde der Stromverbrauch deutscher Rechenzentren auf 6,16 TWh in 2010 sinken.

Geht man davon, dass die besten heute verfügbaren Energieeffizienz-Technologien und Lösungen (State-of-the-art) auf breiter Front angewendet werden, so wird der Stromverbrauch durch Server und Rechenzentrumsinfrastruktur bis 2010 auf 4,48 TWh sinken. Im Falle des „State-of-the-art“-Szenarios würde der Stromverbrauch von Rechenzentren innerhalb von nur vier Jahren halbiert.

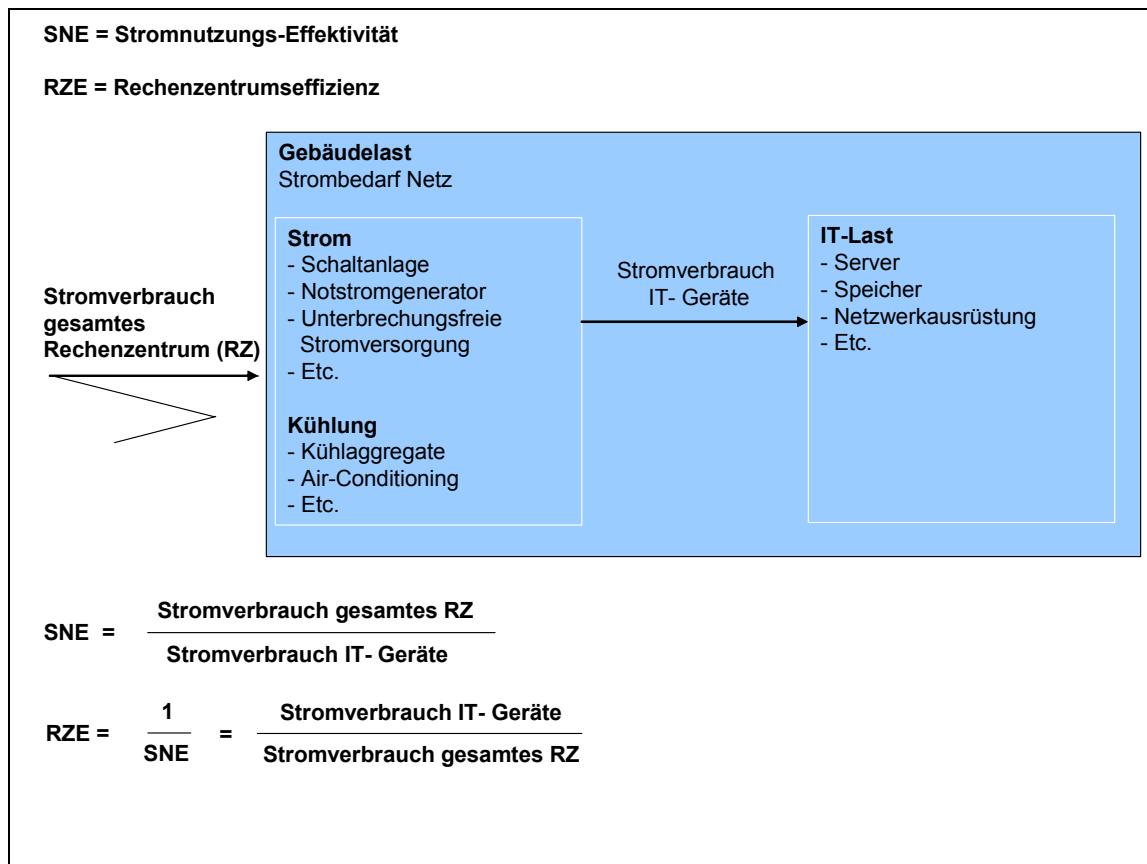
#### **2.2.4. Messkonzepte zur Energieeffizienz von Rechenzentren**

Neben dem absoluten Energieverbrauch von Rechenzentren spielt auch deren Energieeffizienz eine wesentliche Rolle. Verbindliche Definitionen der „Energieeffizienz“ von Rechenzentren und international einheitliche Messstandards existieren bis dato nicht. Gleichwohl wurden dazu bereits erste Vorschläge vorgelegt.

##### **Messkonzepte**

Während bei der Messung der Energieeffizienz von Büro- und Geschäftsgebäuden üblicherweise als Indikator der jährliche Energieverbrauch pro Quadratmeter herangezogen wird, verweisen Aebischer et al. (2003) darauf, dass dieser Indikator sich für Rechenzentren deshalb nicht eignet, weil er die zentrale Funktion und Leistung von Rechenzentren, die Datenverarbeitung, Datenübertragung und Datenspeicherung, nicht erfasst. Anstatt dessen schlagen sie als Indikator einen Koeffizienten vor, der den Stromverbrauch der IT-Geräte eines Rechenzentrums (Server, Speichergeräte, Netzwerkausrüstung) ins Verhältnis setzt zum Gesamtstromverbrauch eines Rechenzentrums. Dabei wird der Stromverbrauch der IT-Geräte, die die eigentliche Leistung des Rechenzentrums erbringen, als „nützlicher Strom“ bezeichnet (Aebischer et al. 2003, 21). Der restliche Strom wird für die Infrastruktur des Rechenzentrums aufwendet (Unterbrechungsfreie Stromversorgung, Stromverteilung, Kühlung, Klimatisierung etc.). Dieser Koeffizient der Rechenzentrums-Energieeffizienz wird auch von der Green Grid Initiative aufgegriffen, die Anfang 2007 ein „White Paper“ mit ersten Überlegungen zur Messung und zu Kennzahlen der Energieeffizienz von Rechenzentren vorlegte (The Green Grid 2007). Hier wird vorgeschlagen, sich zunächst auf den Indikator „Rechenzentrumseffizienz“ bzw. „Stromnutzungseffektivität“ zu konzentrieren. Der Indikator „Rechenzentrumseffizienz“ entspricht dem vom Aebischer et al. (2003) vorgeschlagenen Energieeffizienz-Koeffizient.

Längerfristig strebt die Green Grid Initiative (2007, 5) einen weiterreichenden Effizienz-Indikator an, der die „nützliche Leistung“ von Rechenzentren ins Verhältnis Stromverbrauch des gesamten Rechenzentrums setzt. Noch weiter reicht der Vorschlag von Schanze (2007, 8), der in einer ganzheitlichen Betrachtung von Energieeffizienz und Informatikleistung als maßgeblichen Indikator das Verhältnis von Input-Energie eines Rechenzentrums (ohne intern genutzte Energierückgewinnung) zu den daraus resultierenden bzw. unterstützten „Business Prozessen“ (= Output) vorschlägt.

**Abbildung 10: Indikatoren für die Energieeffizienz von Rechenzentren**

Quelle: The Green Grid 2007, 3 (Übersetzung vom Verfasser).

### Empirische Zahlen zur Energieeffizienz von Rechenzentren

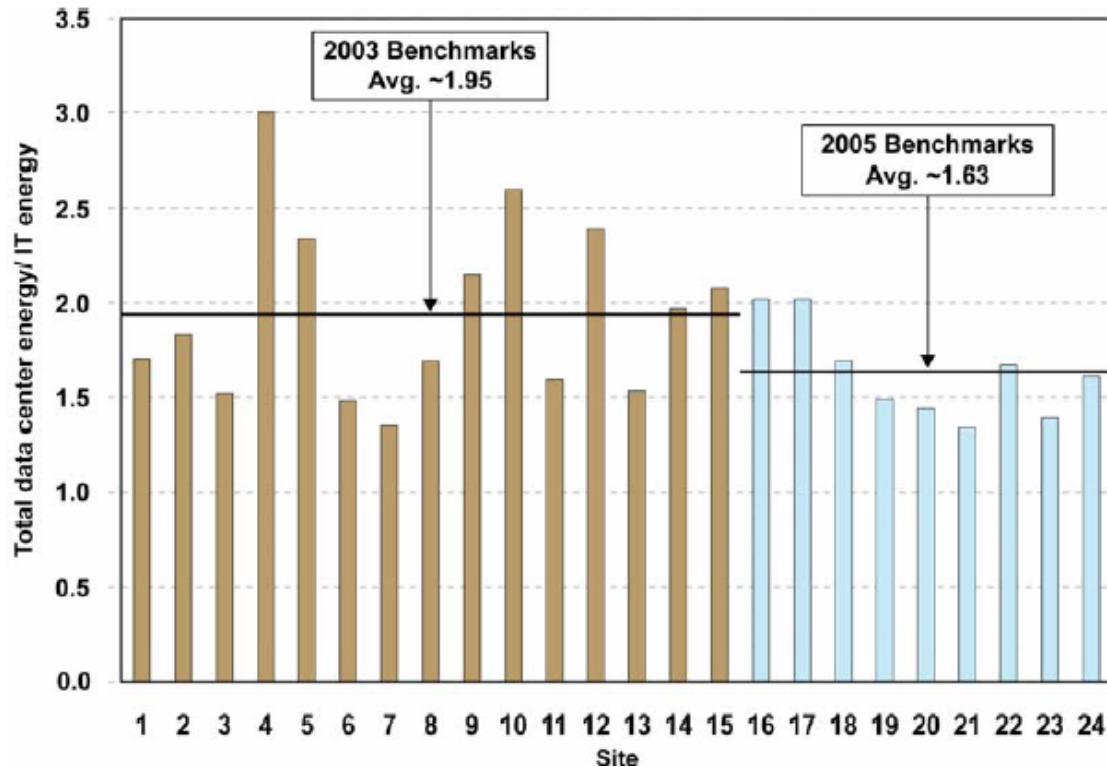
Bislang liegen nur wenige Mess- und Vergleichsdaten zur Energieeffizienz von Rechenzentren vor.<sup>20</sup> In der bislang umfangreichsten Vergleichsstudie wurden 24 Rechenzentren in den U.S.A. mit Blick auf den Indikator Rechenzentrumseffizienz (Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums im Verhältnis zum Stromverbrauch der IT-Geräte) untersucht (Greenberg et al. 2006, LBNL 2006). Das erste Benchmarking fand in 2003, das zweite Benchmarking in 2005 statt. Die in Abbildung 11 dargestellten Ergebnisse zeigen zum einen, dass die Energieeffizienz von Rechenzentrum zu Rechenzentrum erheblich differiert. Dies kann im Einzelfall mit der Unterschiedlichkeit der Rechenzentren erklärt werden, verweist gleichzeitig aber auch auf die noch bestehenden Energieeinsparpotenziale. Der Vergleich der beiden Benchmarking-Gruppen (2003 und 2005), verweist außerdem darauf, dass sich die Energieeffizienz von Rechenzentren in den letzten Jahren verbessert hat. Die Effizienzsteigerungen waren dabei allerdings

<sup>20</sup> Vgl. Aebischer et al. 2003; Greenberg et al. 2006; LBNL 2006, Uptime Institute 2007.

offensichtlich nicht ausreichend, um den absoluten Energieverbrauch von Rechenzentren und Servern zu reduzieren (vgl. Abbildung 6).

### Abbildung 11: Benchmarking der Energieeffizienz von 24 Rechenzentren in USA

(Gesamtenergieverbrauch eines Rechenzentrums zum Stromverbrauch der IT-Geräte)



Quelle: US EPA 2007, 21.

### 2.3. Nutzen für Umwelt und Gesellschaft

Unter ökologischen Gesichtspunkten spielen Rechenzentren insbesondere mit Blick auf deren Energieverbrauch und die damit verbundenen klimarelevanten Emissionen eine bedeutende Rolle. Wie die in Kapitel 2.2.2 und 2.2.4 vorgestellten Zahlen aus den U.S.A. zeigen, ist trotz Verbesserungen bei der Energieeffizienz von Rechenzentren der absolute Energieverbrauch deutlich angestiegen. Die bisherigen Effizienzzuwächse waren also bei weitem nicht ausreichend, um die Zunahme installierter Server sowie den Anstieg des Stromverbrauchs pro Server auszugleichen. Energieeffiziente Rechenzentren sind also nicht per se ein Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz, sondern nur dann, wenn eine ausreichende Höhe der Effizienzsteigerung erreicht wird. Ob in Zukunft der Stromverbrauch von Rechenzentren insgesamt zu- oder abnimmt, hängt maßgeblich davon ab, ob zusätzliche Anreize und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz gesetzt bzw. ergriffen werden oder nicht.

### 2.3.1. Energieeinsparpotenziale

In jüngster Zeit wurden zahlreiche Vorschläge und Lösungen zur Senkung des Energieverbrauchs von Servern und Rechenzentren präsentiert.<sup>21</sup> Diese reichen von stromsparenden Prozessoren (Mehrkernprozessoren etc.), über energieeffiziente Server und Kühlungssysteme, die Erhöhung der Temperatur in Serverräumen und Virtualisierungskonzepten bis hin zur klimaneutralen Energieversorgung. Darüber hinaus haben sowohl einzelne Unternehmen als auch gesamte Branchennetzwerke Initiativen zur Steigerung der Energieeffizienz ergriffen und wurden eine Reihe von Best Practice-Beispielen realisiert (vgl. Kapitel 4.2). Wie der von Bundesumweltministerium veranstaltete Fachdialog „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ am 03. Juli 2007 deutlich machte, liegen gerade im Bereich der Rechenzentren noch große Einspar- und Effizienzpotenziale. Viele dieser Maßnahmen sind ohne größeren Aufwand und ohne Investitionen zu realisieren, die über die üblichen Ersatzinvestitionen hinausgehen.<sup>21</sup>

Mit Blick auf diese leicht zu realisierenden Einsparpotenziale (sogenannte „Low hanging fruits“) erscheint sowohl das in Kapitel 2.2.2 vorgestellte „Best Practice“-Szenario als auch das noch weiterreichendere „State-of-the-art“-Szenario in Deutschland realisierbar. Beide Szenarien erfordern aber sowohl von Seiten der Politik als auch von Seiten der IT-Hersteller, der Rechenzentrumsplaner und Rechenzentrumsbetreiber zusätzliche Maßnahmen und Initiativen. Während die ohne schon existierenden Effizienzdynamiken einen weiteren Anstieg des Energieverbrauchs von Rechenzentren in Deutschland von 8,67 TWh in 2006 auf 12,9 TWh in 2010 nicht verhindern können („Aktuelle Effizienz-Trends“-Szenario), würde die Einlösung des „Best Practice“-Szenarios zu einer absoluten Reduktion des Stromverbrauchs von 2,5 TWh in 2010 beitragen. Im Falle des „State-of-the-art“-Szenarios würde der Stromverbrauch sogar von 8,67 TWh in 2006 auf 4,48 TWh in 2010 sinken und könnte damit fast halbiert werden (vgl. Kapitel 2.2.3).

Im Vergleich zum „Aktuelle Effizienz-Trends“-Szenario könnten auf diese Weise im Zeitraum von 2007 bis 2010 insgesamt 21 TWh Strom eingespart werden. Dies entspricht der Strommenge, die ein Atomkraftwerk der Größe des AKW Brunsbüttel in vier Jahren produzieren würde.<sup>22</sup>

---

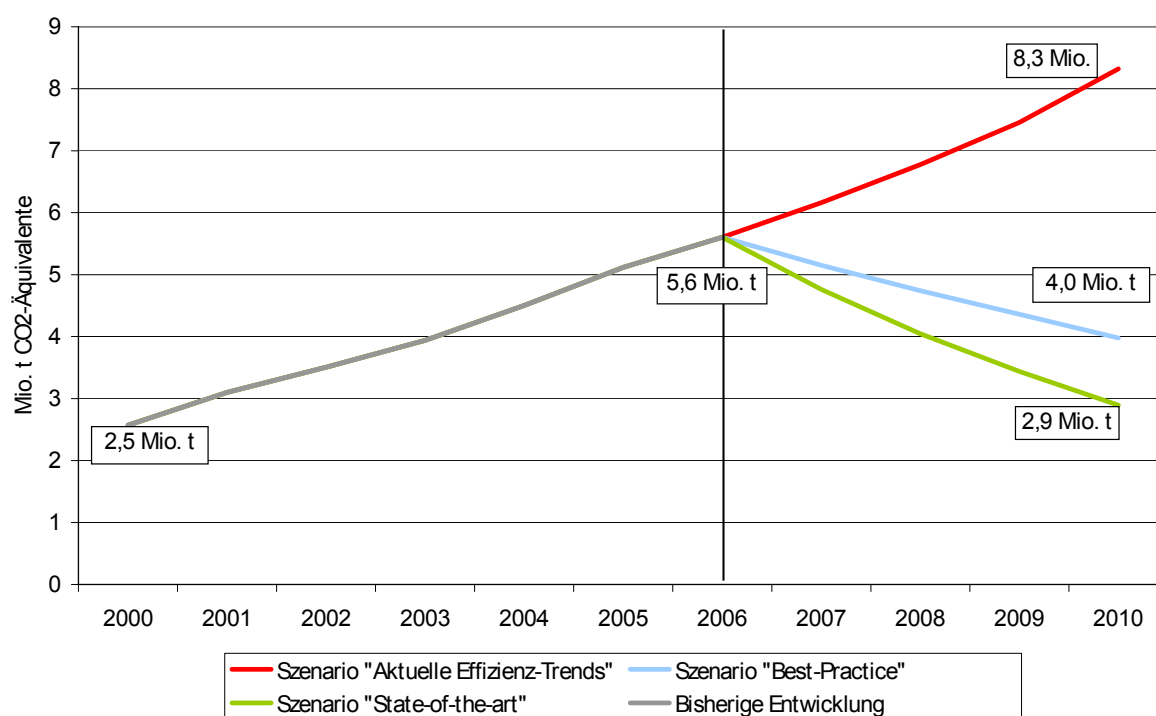
<sup>21</sup> Für eine Übersicht vgl. US EPA 2007 sowie die Vorträge auf dem vom Bundesumweltministerium veranstalteten Fachdialog „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ am 03.07.2007. Die Vorträge stehen unter [www.borderstep.de](http://www.borderstep.de) zum kostenlosen Download zur Verfügung.

<sup>22</sup> Zur Berechnung vgl. Fußnote 19.

### 2.3.2. Klimaschutzpotenziale

Wie Abbildung 12 zeigt, sind die durch den Stromverbrauch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen von Rechenzentren in Deutschland von 2,5 Mio. t in 2000 auf 5,6 Mio. t in 2006 angestiegen.<sup>23</sup> Ob die Gesamtheit der Rechenzentren in Deutschland in Zukunft einen Beitrag zum Klimaschutz leisten werden, hängt davon ab, welcher Zukunftspfad von Seiten der Politik sowie der IT-Hersteller und Rechenzentrumsbetreiber beschritten wird. Sollten über die ohnehin am Markt sich bereits vollziehenden Effizienzsteigerungen hinaus keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen werden („Aktuelle Effizienz-Trends“-Szenario) so ist davon auszugehen, dass der Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase von Rechenzentren in Deutschland auf 8,3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente in 2010 ansteigen wird. Damit lägen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Rechenzentren schon bei mehr als einem Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen des deutschen Flugverkehrs.<sup>24</sup>

**Abbildung 12: Trends und Szenarien der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Rechenzentren in Deutschland**



<sup>23</sup> Bei der Berechnung wurde der in Deutschland typische Strommix zu Grunde gelegt und davon ausgegangen, dass eine verbrauchte KWh mit einer Emission von 646 g CO<sub>2</sub>-Äquivalenten verbunden ist (Quelle: GEMIS Version 4.3, [www.oeko.de/service/gemis](http://www.oeko.de/service/gemis)).

<sup>24</sup> Die durch den Luftverkehr in Deutschland bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen lagen in 2004 bei 22 Mio. t (vgl. GENESIS-Tabelle, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2007).

Werden dahingegen das „Best-Practice“-Szenario bzw. das „State-of-the-art“-Szenario realisiert, so könnten Rechenzentren mit einer Einsparung von 1,6 Mio. t bzw. von 2,7 Mio. t in 2010 einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz und zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung leisten. Würde man also die heute bereits verfügbaren und bei Vorreitern bereits eingesetzten energieeffizienten Technologien auf breiter Front anwenden („State-of-the-art“-Szenario) könnten gegenüber dem „Aktuelle Effizienz-Trends“ Szenario im Zeitraum von 2007 bis 2010 insgesamt 13,6 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden.

## **2.4. Wirtschaftliche Potenziale**

Die wirtschaftlichen Potenziale energieeffizienterer Rechenzentren betreffen zum einen die Hersteller von Prozessoren, Servern und anderer IT-Komponenten, die in Rechenzentren zum Einsatz kommen. Gleiches gilt für die Hersteller und Anbieter von Kühlungs-, Klimatisierungs- und Abwärmelösungen. Seit kurzem stellen Aspekte der Energieeffizienz hier einen erheblichen Wettbewerbsfaktor dar. Zum zweiten bergen energieeffiziente Rechenzentren auch für die Betreiber von Rechenzentren große wirtschaftliche Potenziale. Dies gilt insbesondere mit Blick auf die Stromkosten. Zum dritten schließlich werden Internetunternehmen wie eBay oder Google zunehmend mit der Frage konfrontiert, mit wie viel Energieverbrauch und mit welchen CO<sub>2</sub>-Emissionen die Nutzung ihrer Online-Dienste verbunden sind.<sup>25</sup> Für Internetunternehmen, Provider und Telekommunikationsunternehmen, deren Leistungen maßgeblich auf Rechenzentren aufbauen, werden Fragen der Energieeffizienz daher in zunehmendem Maße ein Image- und Differenzierungsfaktor. Diese wirtschaftlichen Potenziale energieeffizienter Rechenzentren sollen im Folgenden kurz beleuchtet werden.

### **2.4.1. Herstellersicht: Marktpotenziale**

Bei der Analyse der Marktpotenziale der technischen Komponenten von Rechenzentren (vgl. Abbildung 2) können grob zwei Gruppen unterschieden werden. Zum einen die eigentlichen IT-Geräte (Server, Speicher, Netzwerkausrüstung) und zum anderen die Strom-, Kühlungs- und Schrankkomponenten. Diese Gruppen sollen im Folgenden getrennt betrachtet werden, wobei bei den IT-Geräten auf Server fokussiert wird, da diese sowohl mit Blick auf den Marktumsatz als auch mit Blick auf den Stromverbrauch die wichtigste IT-Komponente von Rechenzentren darstellen.

---

<sup>25</sup> Vgl. hierzu u.a. Kersten 2007.

## Servermarkt

Die Anzahl weltweit installierter Server wächst seit Mitte der 90er Jahre im zweistelligen Prozentbereich (IDC 2006). Im Jahr 2000 waren weltweit über 14 Mio. Server im Einsatz. Diese Zahl ist bis 2005 auf 27 Mio. angewachsen und soll bis 2010 auf rund 43 Mio. steigen (vgl. Abbildung 4). Dabei zeigt sich zwischen den verschiedenen Serverklassen ein divergierender Verlauf. Während die Anzahl installierter Volume-Server<sup>26</sup> rasant wächst und sich im Zeitraum von 2000 bis 2005 verdoppelt hat, ist die Anzahl installierter Mid-range-Server und High-end-Server seit 2000 gesunken (IDC 2006). Diese divergierenden Trends werden sich bis 2010 fortsetzen (IDC 2007).

Nach Einschätzung von Server-Anbietern in Deutschland wird der weltweite Servermarkt im Zeitraum von 2005 bis 2010 um rund 11% p.a. und im Zeitraum von 2010 bis 2015 sogar um 12 % p.a. wachsen.<sup>27</sup> Für Deutschland werden etwas geringere Wachstumsraten erwartet. So gehen die Server-Anbieter davon aus, dass die jährliche Wachstumsrate des Marktvolumens für Server in Deutschland im Zeitraum von 2005 bis 2010 bei 9% p.a. und von 2010 bis 2015 bei 8% p.a. liegen werden.

Der weltweite Servermarkt wird von den US-amerikanischen Herstellern IBM, HP, Sun Microsystems und Dell dominiert, die zusammen über drei Viertel des Weltmarktvolumens unter sich aufteilen (IDC 2006). Deutsche Hersteller bzw. Hersteller mit deutscher Beteiligung wie Fujitsu-Siemens Computers und Maxdata spielen dahingegen lediglich auf dem europäischen und deutschen Markt eine nennenswerte Rolle. Mit einem Marktanteil nach Umsatz in Deutschland von 22,6% lag Fujitsu-Siemens Computers in 2005 auf Platz 3, hinter IBM und HP. Maxdata belegt Platz 7 mit einem Marktanteil von 0,6% (Computerwoche 2006b).

Ausgelöst durch steigende Energiedichten in Rechenzentren und steigende Strompreise<sup>28</sup> sind Stromeinsparungs- und Energieeffizienzanforderungen spätestens seit 2006 ein zentraler Wettbewerbsfaktor im Markt für Prozessoren und Server. Dies lässt sich sowohl an den Anzeigenkampagnen als auch an den Innovationsinitiativen der Hersteller beobachten. Nachdem IBM im Mai 2007 mit dem Projekt „Big Green“ eine milliar-

---

<sup>26</sup> Als „Volume-Server“ werden solche Server eingestuft, die bis zu 25.000 US-Dollar kosten. „Mid-range-Server“ kosten bis zu 500.000 US-Dollar und „High-end-Server“ über 500.000 US-Dollar.

<sup>27</sup> Ergebnis einer Hersteller- und Anbieterbefragung von Borderstep und BITKOM im Juni 2007 (n=10). Vgl. den Fragebogen in Anhang 2.

<sup>28</sup> Vgl. dazu die Ausführungen in Kapitel 2.2.

denschwere Initiative für „grüne“ IT-Technologie und IT-Services angekündigt hatte, zog unlängst auch Sun Microsystems mit der „Eco Innovation Initiative“ nach.<sup>29</sup>

### **Der Markt für Schrank-, Strom- und Kühlungslösungen**

Während der Servermarkt gut abgrenzbar und gut untersucht ist, kann dies für den Markt für Strom-, Kühlungs- und Schranklösungen für Rechenzentren nicht behauptet werden. Detaillierte Zahlen über Umsätze und Trends liegen hier nicht vor und werden z.B. auch im Rahmen des European Information Technology Observatory (EITO 2007) bislang nicht erfasst.<sup>30</sup> Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieser Studie eine Befragung von Anbietern von Strom-, Kühlungs- und Schranklösungen für Rechenzentren durchgeführt.<sup>31</sup> Danach gehen die Anbieter davon aus, dass die jährliche Wachstumsrate des Marktvolumens für Strom-, Kühlungs- und Schranklösungen für Rechenzentren im Zeitraum von 2005 bis 2010 durchschnittlich 11% p.a. betragen wird. Das Wachstum wird hier also höher eingeschätzt als das Wachstum des Servermarktes (s.o.). Dies verweist darauf, dass insbesondere bei Strom- und Kühlungslösungen Investitionsbedarf besteht. Für den Zeitraum von 2010 bis 2015 wird von einem leicht reduzierten Wachstum in Höhe von 9% p.a. ausgegangen.

Ein deutlich anderes Bild zeigt sich mit Blick auf den Weltmarkt für Strom-, Kühlungs- und Schranklösungen für Rechenzentren. Hier gehen die befragten Unternehmen von einem Wachstum von 17% p.a. aus, sowohl im Zeitraum von 2005 bis 2010 als auch von 2010 bis 2015. Auch hier zeigt sich, dass der Investitionsbedarf im Bereich Strom- und Kühlungslösungen als deutlich höher eingeschätzt wird als im Bereich Server.

### **Fazit**

Steigende Energiedichten in Rechenzentren, wachsende Strompreise, die Innovationsinitiativen großer Prozessoren- und Serverhersteller sowie die jüngsten politischen Initiativen in den U.S.A und auf EU-Ebene (vgl. Kapitel 4.1) deuten ganz klar darauf hin, dass Fragen der Stromeinsparung und der Energieeffizienz in Zukunft ein zentraler Wettbewerbsfaktor im Servermarkt und auch im Markt für Strom-, Kühlungs- und Abwärmelösungen für Rechenzentren sein werden. Dies gilt sowohl für den weiterhin wachsenden Servermarkt als auch für den besonders stark wachsenden Weltmarkt für Strom-, Kühlungs- und Abwärmelösungen für Rechenzentren.

---

<sup>29</sup> Vgl. <http://www.computerwoche.de/599343>.

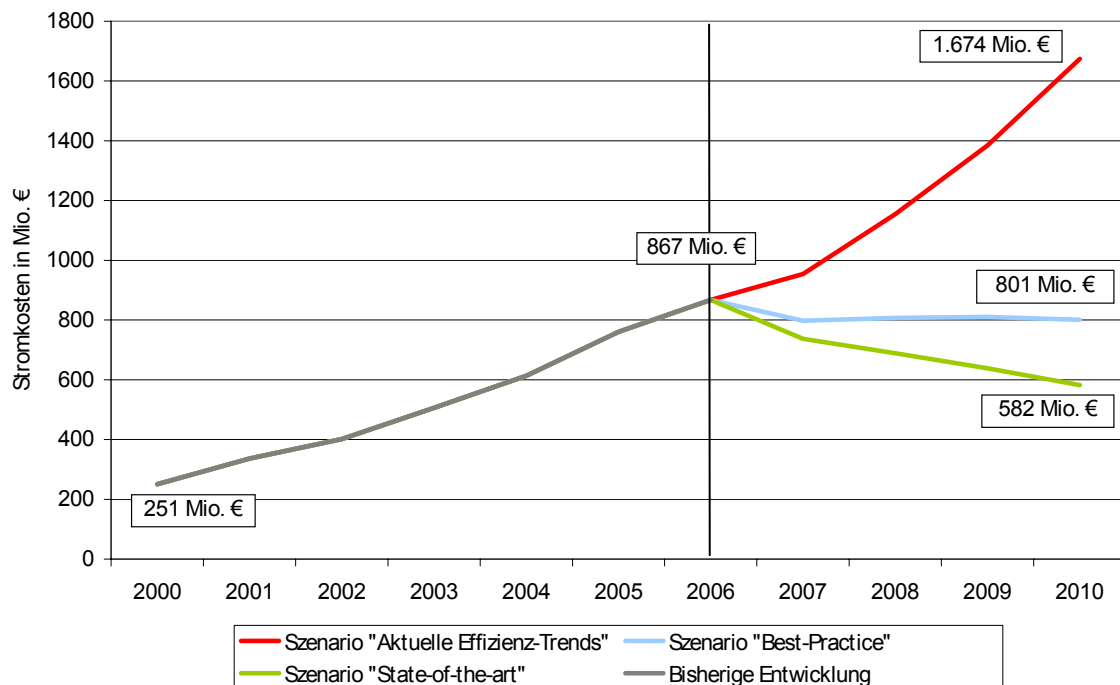
<sup>30</sup> Aufgrund dieser Datenlücke wurde im Rahmen dieser Studie dem Branchenverband BITKOM empfohlen, Marktdaten zu Strom-, Kühlungs- und Schranklösungen in das EITO aufzunehmen.

<sup>31</sup> Die Befragung wurde gemeinsam von Borderstep und dem Branchenverband BITKOM durchgeführt (n=15). Der Fragebogen befindet sich in Anhang 1.

### 2.4.2. Betreibersicht: Kostensenkungspotenziale

Durch steigende Energiedichten und Strompreise sind die Betreiber von Rechenzentren schon allein aus betriebswirtschaftlichen Gründen zunehmend gezwungen, sich mit Fragen der Stromeinsparung und der Energieeffizienz zu beschäftigen (vgl. dazu Abbildung 4). Dabei geht es sowohl um die Sicherstellung der Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit eines Rechenzentrums als auch zunehmend um die Frage der Einsparung von Stromkosten und der Reduzierung der Total Cost of Ownership<sup>32</sup>. Die ökonomische Relevanz der Stromkosten von Rechenzentren zeigt Abbildung 13.

**Abbildung 13: Entwicklung und Szenarien der Stromkosten von Rechenzentren in Deutschland**



Die Stromkosten von Rechenzentren in Deutschland sind von 251 Mio. € im Jahr 2000 auf 867 Mio. € in 2006 angestiegen.<sup>33</sup> Sofern über die bereits beobachtbaren Trends

<sup>32</sup> Total Cost of Ownership (TCO) ist ein Abrechnungsverfahren, das dazu dient, Verbrauchern und Unternehmen dabei zu helfen, alle anfallenden Kosten von Investitionsgütern wie beispielsweise Software und Hardware abzuschätzen. Die Idee dabei ist, eine Abrechnung zu erhalten, die nicht nur die Anschaffungskosten enthält, sondern alle Aspekte der späteren Nutzung (Energiekosten, Reparatur und Wartung der betreffenden Komponenten).

<sup>33</sup> Berechnung auf Basis von BMWi 2007. Die Strompreise (ohne MwSt.) sind inflationsbereinigt und auf das Jahr 2000 indiziert. Bei der Berechnung wurde z.B. für 2006 von einem Strompreis von 0,10 €/KWh ausgegangen, was nach Einschätzung von Branchenexperten für Rechenzentren im Durchschnitt zu Grunde gelegt werden kann.

zur Steigerung der Energieeffizienz hinaus keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen werden sollten („Aktuelle Effizienz-Trends“-Szenario), werden die Stromkosten deutscher Rechenzentren bis 2010 auf nahezu 1,7 Mrd. € ansteigen. Im Gegensatz dazu könnten die Stromkosten deutlich gesenkt werden, sofern verstärkte bzw. deutlich verstärkte Anstrengungen gegenüber dem Status quo unternommen werden. Im „Best Practice“-Szenario würden die Stromkosten bis 2010 auf 801 Mio. € und im Falle des „State-of-the-art“-Szenarios sogar auf 582 Mio. € fallen.

Die Unterschiede zwischen einem Business-as-usual („Aktuelle Effizienz-Trends“-Szenario) und dem engagierten Ergreifen zusätzlicher Energieeffizienzmaßnahmen („State-of-the-art“-Szenario) sind erheblich. Summiert man die Differenz zwischen beiden Zukunftsoptionen im Zeitraum von 2007 bis 2010 so zeigt sich, dass die Betreiber von Rechenzentren in Deutschland innerhalb von nur vier Jahren insgesamt 2,5 Mrd. Euro an Stromkosten einsparen könnten, wenn die heute bereits verfügbaren und von Vorreitern auch schon angewendeter Effizienzlösungen auf breiter Front umgesetzt würden.

### **2.4.3. Internetunternehmen: Image und Differenzierung**

Für Internetunternehmen, deren Leistung und Erlöserzielung maßgeblich von Internetdiensten und rechnergestützten Dienstleistungen abhängen, sind Rechenzentren die wichtigste physische Säule des Geschäftsmodells. Für die Kunden dieser Internetunternehmen spielten ökologische Aspekte bis dato keine oder nur eine sehr geringe Rolle. Mit wachsendem Bewusstsein für Klimaschutzfragen werden Fragen der Klimaauswirkung von Internet und Telekommunikation auch für diese Unternehmen zunehmend ein Thema. In jüngster Zeit häufen sich die Hinweise auf die steigende Bedeutung von Energieeffizienz- und Klimaschutzfragen auch für Internetunternehmen. So war beispielsweise das Thema „CO<sub>2</sub> und Internet“ zentraler Gegenstand des eBay-Entwicklertages im Mai 2007<sup>34</sup> und Top-Thema bei der Cisco Expo 2007 in Berlin<sup>35</sup>. Energieeffizienz und Klimaschutz spielen dabei sowohl mit Blick auf das Image der Unternehmen als auch mit Blick auf die Differenzierung gegenüber Mitbewerbern eine Rolle. So trat erst jüngst der Internetprovider Strato mit der Meldung an die Öffentlichkeit, dass er als erster großer Webhoster seine Rechenzentren komplett auf Strom aus erneuerbaren Energien umstellt.<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> Vgl. Kersten 2007.

<sup>35</sup> Vgl. [www.cisco-expo.de](http://www.cisco-expo.de).

<sup>36</sup> Vgl. [www.strato.de/press/pressreleases/2007\\_7\\_9.html](http://www.strato.de/press/pressreleases/2007_7_9.html) (abgerufen am 10.08.2007).

### 3. Leistungsfähigkeit wichtiger Länder

Mit Blick auf den Trend zur verstärkten Berücksichtigung von Energieeffizienz- und Energieeinsparaspekten bei Servern und anderen Komponenten von Rechenzentren stellt sich aus wirtschaftspolitischer und aus Sicht einer ökologischen Industriepolitik die Frage, wie Deutschland und die deutsche Wirtschaft in Bezug auf den Zukunftsmarkt energieeffiziente Rechenzentren positioniert ist. Um hierzu eine erste Abschätzung vornehmen zu können, wurden im Rahmen dieser Studie eine Patentanalyse sowie eine Befragung von Herstellern und Anbietern von Server-Lösungen und von Kühlungs-, Klimatisierungs- und Abwärmelösungen vorgenommen, deren Ergebnisse im Folgenden vorgestellt werden.

#### 3.1. Patentanalyse

Patentanalysen können Aufschluss darüber geben, wie es um die technologische Leistungsfähigkeit einzelner Unternehmen, Länder oder Regionen mit Blick auf bestimmte Innovationsfelder und Zukunftsmärkte bestellt ist. Da bis dato keine Analysen von energieeffizienz-relevanten Patenten und Patentanmeldungen im Bereich Server sowie Strom-, Kühlungs- und Abwärmesysteme vorlagen, wurde im Rahmen dieser Studie eine solche Analyse vorgenommen. Dazu wurden die für Rechenzentren relevanten Technologien grob in zwei Gruppen unterteilt. Zum einen die eigentlichen IT-Geräte und ihre Stromversorgung (Server, Speicher, Netzwerkausrüstung, Netzteile, unterbrechungsfreie Stromversorgung etc.) und zum anderen die Kühlungs-, Klimatisierungs- und Abwärmekomponenten. Für diese zwei Gruppen wurden dann die jeweils relevanten Patentklassen ausgewählt<sup>37</sup> und alle Anmeldungen analysiert, die entweder beim Europäischen Patentamt (EPO) (direkt oder als nationale Erstanmeldung) oder im Rahmen des PCT-Verfahrens bei der Weltorganisation für geistiges Eigentum (World Intellectual Property Organisation - WIPO) angemeldet worden sind. Diese Patentanmeldungen wurden dann anhand von Schlagwörtern analysiert, die mit Blick auf Energieeinsparung und Energieeffizienz von Relevanz sind.<sup>38</sup>

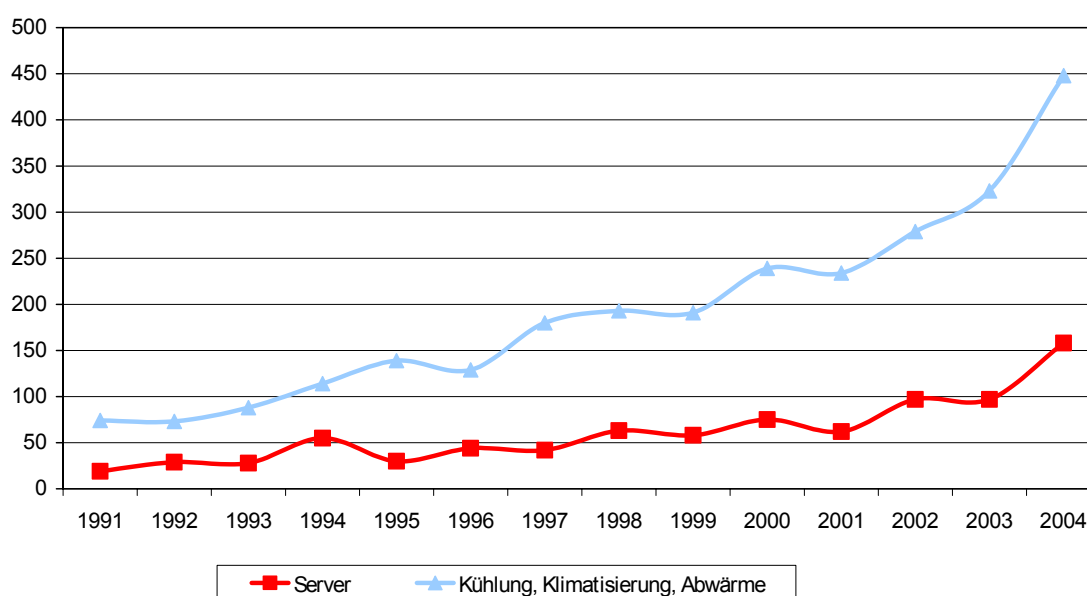
---

<sup>37</sup> Für den Bereich Server/IT-Geräte und Stromlösungen wurden die Patentklassen G06F und G06Q sowie die Klassen H02M, H04L, H04M und H05K ausgewählt. Für den Bereich Kühlung, Klimatisierung und Abwärmenutzung wurden die Patentklassen F25B, F28C und F28D ausgewählt.

<sup>38</sup> Dazu wurden Stichwörter wie „energy efficiency“, „energy savings“, „energy reduction“, „waste heat“, „heat removal“, „heat energy“, „heat exchanger“, „waste air“, „power management“, „usage effectivity“, „combined heat“, „chilled water“, „low voltage“, „efficient transformer“, „voltage scaling“, „demand cooling“, „liquid cooling“, „fuel cell“, „PUE“, „CHP“, „CRAC“ und Kombinationen davon verwendet. Um als Energieeffizienz-relevant ausgewählt zu werden, mussten die Patente eines dieser Stichworte in der Überschrift (Patentbezeichnung), dem Abstract (Zusammenfassung) oder der Verschlagwortung enthalten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die weltweiten Patentanmeldungen mit Relevanz für energieeffiziente Rechenzentren seit Anfang der 90er Jahre kontinuierlich angestiegen sind. Die energieeffizienz-relevanten Patentanmeldungen im Bereich Server und Stromlösungen weisen dabei ähnliche Wachstumsraten wie die Patentanmeldungen im Bereich Kühlung/Klimatisierung/Abwärmenutzung auf, bewegen sich mengenmäßig aber auf einem geringeren Niveau.

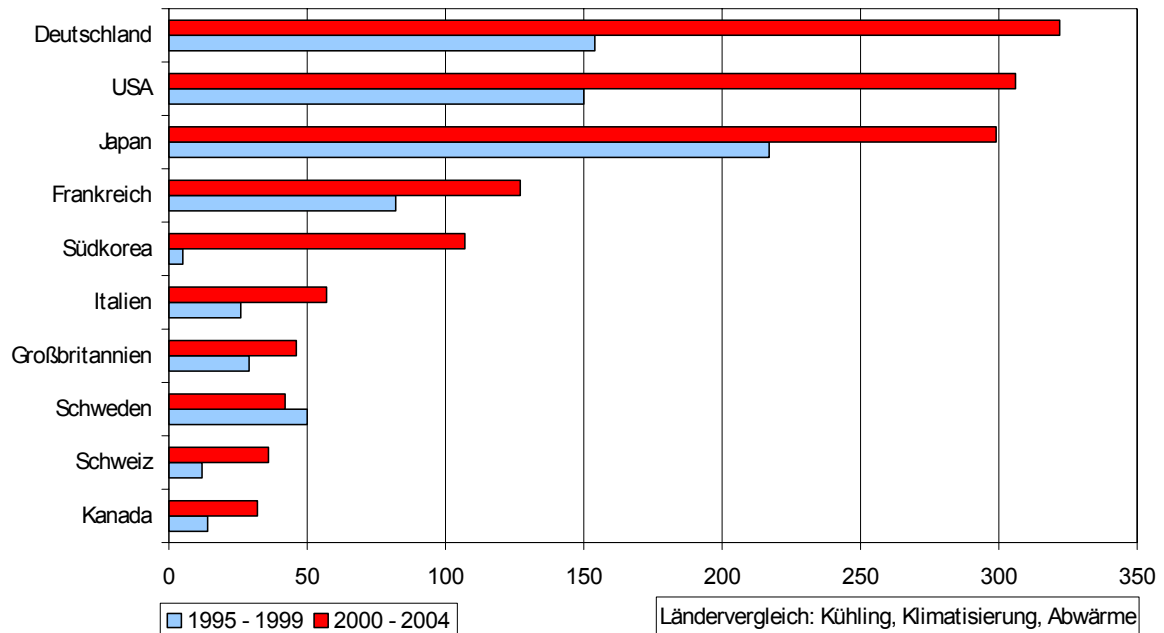
**Abbildung 14: Weltweite Patentanmeldungen mit Relevanz für energieeffiziente Rechenzentren**



Quelle: Zusammenstellung Fichter auf Basis von Patentauswertungen des Fraunhofer ISI.

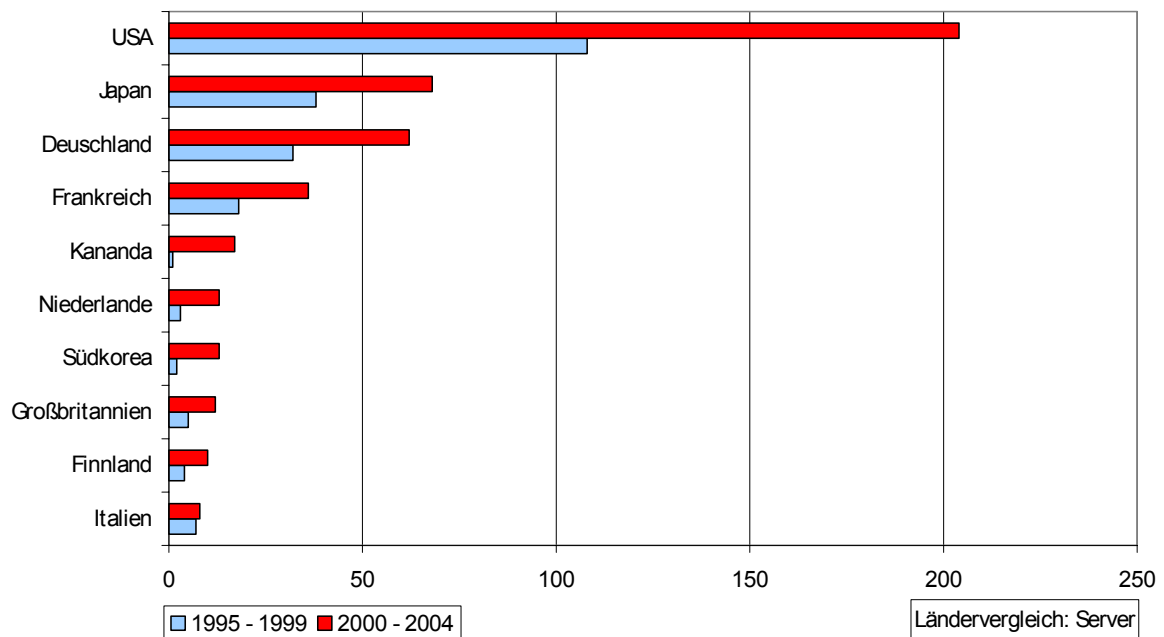
Bei der Frage wie Deutschland und die EU mit Blick auf den Zukunftsmarkt energieeffiziente Rechenzentren positioniert sind, zeigt sich zwischen dem Bereich „Server/Stromlösungen“ und „Kühlung/Klimatisierung/Abwärme“ ein deutlicher Unterschied. Während die U.S.A. bei energieeffizienz-relevanten Patentanmeldungen im Bereich „Server/Stromlösungen“ mit 312 Anmeldungen im Zeitraum von 1995 bis 2004 eindeutig vor Japan (106) und Deutschland (94) liegen und dabei auch alle Anmeldungen von EU-Ländern übertreffen (245), ist Deutschland im Bereich „Kühlung/Klimatisierung/Abwärmenutzung“ seit 2000 im weltweiten Vergleich Spitzenreiter und hat Japan, das hier bis 1999 führend war, von der Spitzenposition verdrängt. Deutschland kommt im Zeitraum von 1995 bis 1999 auf 154 und im Zeitraum von 2000 bis 2004 auf 322 energieeffizienz-relevante Patentanmeldungen. Deutschland und die EU sind in diesem Bereich also hervorragend positioniert. Daran ändert auch die Tatsache nichts, dass hier einige Länder wie z.B. Südkorea in den letzten Jahren stark aufgeholt haben.

**Abbildung 15: Ländervergleich: Energieeffizienz-relevante Patentanmeldungen im Bereich Kühlung, Klimatisierung, Abwärmenutzung**



Quelle: Zusammenstellung Fichter auf Basis von Patentauswertungen des Fraunhofer ISI.

**Abbildung 16: Ländervergleich: Energieeffizienz-relevante Patentanmeldungen im Bereich Server**



Quelle: Zusammenstellung Fichter auf Basis von Patentauswertungen des Fraunhofer ISI.

### 3.2. Wettbewerbssituation

Ergänzend zur Patentanalyse wurde im Rahmen dieser Studie eine Befragung von Herstellern und Anbietern von Server-Lösungen und von Kühlungs-, Klimatisierungs- und Abwärmelösungen durchgeführt. Dabei wurde u.a. danach gefragt, wie diese die Wettbewerbsposition europäischer Hersteller und Anbieter im internationalen Vergleich einschätzen.

Im Markt für Volume-Server und Mid-range-Server wird die Wettbewerbsposition europäischer Hersteller und Anbieter als mittel eingeschätzt (vgl. Tabelle 8). Dies korrespondiert sowohl mit den relativ geringen Marktanteilen europäischer Hersteller (vgl. Kapitel 2.4.1) als auch mit den Erkenntnissen der Patentanalyse. Im Markt für High-end-Server sieht die Lage etwas besser aus. In keinem dieser Märkte wird eine nennenswerte Veränderung der Wettbewerbsposition europäischer Hersteller zwischen 2007 und 2010 erwartet.

**Tabelle 8: Einschätzung der Wettbewerbsposition europäischer Hersteller im Servermarkt**

| Wie beurteilen Sie die Wettbewerbsposition europäischer Hersteller/Anbieter im internationalen Vergleich?<br>von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schwach) |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|                                                                                                                                                    | 2007* | 2010* |
| Im Markt für Volume-Server?                                                                                                                        | 2,8   | 2,9   |
| Im Markt für Mid-range-Server?                                                                                                                     | 2,9   | 2,9   |
| Im Markt für High-end-Server?                                                                                                                      | 2,3   | 2,3   |

\*Durchschnitt aller Angaben (n=10)

Ein anderes Bild zeigt sich im Markt für Schrank-, Klimatisierungs- und Kühlungslösungen für Rechenzentren. Hier wird die Wettbewerbsposition europäischer Hersteller und Anbieter als gut bis sehr gut bewertet. Dies korrespondiert mit den Ergebnissen der Patentanalyse, nach der Deutschland und die EU mit Blick auf energieeffizienzrelevante Patente weltweit führend sind. Bemerkenswert ist hier allerdings, dass trotz dieser guten Patentsituation mit einer Verschlechterung der Wettbewerbsposition gerechnet wird. Hier zeigen sich mit Blick auf die Innovationspolitik und eine ökologische Industriepolitik, aber auch mit Blick auf die Innovationsstrategien der Hersteller Handlungsbedarfe, damit die aktuell sehr gute Position (auch bei den Patenten) in eine er-

folgreiche Erschließung des Zukunftsmarktes für energieeffiziente Schrank-, Klimatisierungs- und Kühlungslösungen für Rechenzentren umgemünzt werden kann.

Etwas schwächer, aber immer noch nahe bei „gut“ wird die Position im Markt für Stromlösungen eingeschätzt. Veränderungen werden hier in naher Zukunft nicht erwartet.

**Tabelle 9: Einschätzung der Wettbewerbsposition europäischer Hersteller im Markt für Schrank-, Strom-, Kühlungslösungen**

Wie beurteilen Sie die Wettbewerbsposition europäischer Hersteller/Anbieter im internationalen Vergleich?  
von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schwach)

|                                                         | 2007* | 2010* |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|
| Im Markt für Racksysteme für Rechenzentren?             | 1,6   | 2,0   |
| Im Markt für Klimatisierungs-/Kühlungslösungen?         | 1,8   | 2,2   |
| Im Markt für Stromlösungen (USV, Stromverteilung etc.)? | 2,2   | 2,2   |

\*Durchschnitt aller Angaben (n=15)

## 4. Innovationssystem und Initiativen

Für die Erschließung von Zukunftsmärkten spielt nicht allein die technologische Leistungsfähigkeit einzelner Unternehmen und Länder eine Rolle, sondern kommt es auch maßgeblich auf die politischen Rahmenbedingungen und das Zusammenspiel der verschiedenen Akteure innerhalb des nationalen und internationalen Innovationssystems an. Deshalb soll im Folgenden ein kurzer Überblick über wichtige Rahmenbedingungen und Initiativen gegeben werden, die mit Blick auf den Zukunftsmarkt für energieeffiziente Rechenzentren eine Rolle spielen.

### 4.1. Rahmenbedingungen und politische Initiativen

#### 4.1.1. EU

Auf europäischer Ebene wurden in jüngerer Zeit eine Vielzahl von Initiativen und Regelungen zur Steigerung der Energieeffizienz ergriffen. Dazu zählen u.a. die EU-Energieeffizienzrichtlinie, die EU-Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung energiebetriebener Produkte (Öko-Design-Richtlinie: 2005/32/EG) und die Vorbereitungsaktivitäten zu ihrer Umsetzung<sup>39</sup>, die EU-Kampagne „Nachhaltige Energie für Europa 2005-2008“ und das EU-Energy Star Programm.<sup>40</sup> Sowohl die Öko-Design-Richtlinie als auch das EU-Energy Star Programm könnten mit Blick auf die Energieeffizienz von Rechenzentren relevant werden. Allerdings beziehen sich die Aktivitäten dort bis dato weitgehend auf IKT-Endgeräte (PCs, Bildschirme, bildgebende Geräte etc.) und nicht auf die IKT-Infrastruktur. Server sind im Rahmen des EU Energy Star Programms bislang nur mit Blick auf kleine Büronetzwerke im Blick.

Mit unmittelbarer Bedeutung für die Energieeffizienz von Rechenzentren ist die aktuelle Initiative der Europäischen Kommission für einen „European Code of Conduct for Data Centres“. Die Initiative wurde Anfang 2007 ins Leben gerufen und wird vom Joint Research Centre der EU Kommission koordiniert. Die Initiative kann auf Vorgängerinitiativen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik aufbauen, in denen bereits Leitfäden („Code of Conduct“) für Energieeffizienz in den Produktgruppen Digitale Fernsehsysteme, externe Netzteile, unterbrechungsfreie Stromversorgung und Breit-

---

<sup>39</sup> Vgl. [www.eup-netzwerk.de](http://www.eup-netzwerk.de).

<sup>40</sup> Vgl. <http://www.eu-energystar.org>. ENERGY STAR ist ein internationales freiwilliges Kennzeichnungsprogramm für Strom sparende Bürogeräte, das 1992 vom US-amerikanischen Umweltbundesamt (EPA) ins Leben gerufen wurde. Durch ein Abkommen mit der US-Regierung nimmt die Europäische Gemeinschaft am ENERGY STAR-Programm teil, soweit sich dieses auf Bürogeräte bezieht.

bandausrüstungen entwickelt wurden.<sup>41</sup> Ziel der Initiative für ein European Code of Conduct for Data Centre ist ein System, an dem sich Unternehmen freiwillig beteiligen können, die den Energieverbrauch ihrer Produkte oder Rechenzentren im Rahmen vereinbarter Ziele und Zeitrahmen senken möchten.<sup>42</sup>

#### **4.1.2. Deutschland**

Neben den o.g. EU-Aktivitäten und ihrer nationalen Umsetzung sind mit Blick auf die Steigerung der Energieeffizienz für Deutschland insbesondere die vielfältigen Aktivitäten der Deutschen Energie-Agentur und hier insbesondere die Initiative Energie-Effizienz zu nennen. Die Aktivitäten beziehen sich dort u.a. auch auf Fragen der Beschaffung energieeffizienter Informations- und Kommunikationstechnik<sup>43</sup>, allerdings sind diese bis dato auf Endgeräte beschränkt. Server und Rechenzentren und die IKT-Infrastruktur sind hier bislang noch nicht abgedeckt.

#### **4.1.3. USA**

In den U.S.A. lassen sich derzeit eine Reihe von Initiativen und Regelungen zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren beobachten.<sup>44</sup> Herauszuheben ist hier die Initiative des U.S. Kongresses, der im Dezember 2006 ein Gesetz verabschiedet hat, mit der er das US-amerikanische Umweltbundesamt auffordert, eine Studie zum Energieverbrauch von Servern und Rechenzentren sowie Vorschläge zu Steigerung ihrer Energieeffizienz auszuarbeiten.<sup>45</sup> Dieser Bericht wurde dem US Kongress im Juni 2007 vorgelegt und im August 2007 veröffentlicht (US EPA 2007). Zentrale Ergebnisse des Berichtes wurden im Rahmen dieser Studie verarbeitet (vgl. Kapitel 2.2.2). Zu den zentralen Empfehlungen des Berichtes zählen (US EPA 2007, 13 ff.):

- Die Standardisierung der Leistungsmessung von Rechenzentren (Messkonzepte für den Energieverbrauch und die Energieeffizienz etc.)
- Eine Führungsrolle der öffentlichen Hand. Hier wird vorgeschlagen, dass die Rechenzentren der Regierung und der öffentlichen Verwaltung in puncto Energieeffizienz zum Vorbild werden und hierüber öffentlich berichtet wird.

---

<sup>41</sup> Vgl. [http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative.htm) .

<sup>42</sup> Nähere Informationen sind beim Koordinator des Code of Conduct for Data Centres zu erhalten: [paolo.bertoldi@ec.europa.eu](mailto:paolo.bertoldi@ec.europa.eu) .

<sup>43</sup> Vgl. <http://www.dena.de/de/themen/thema-strom/> (abgerufen 15.08.07)

<sup>44</sup> Für eine Übersicht vgl. US EPA 2007, 84 ff.

<sup>45</sup> Vgl. US Public Law 109-431, An Act To study and promote the use of energy efficient computer servers in the United States (Dec. 20, 2006).

- Eine öffentliche Kampagne, in der Führungskräfte aus Privatunternehmen aufgefordert werden, sich um die Steigerung der Energieeffizienz ihrer Rechenzentren zu bemühen.
- Informationen über Best Practices.
- Standardisierung der Leistungsmessung von Servern und anderen Komponenten von Rechenzentren im Rahmen des Energy Star Programms. Dieses sollen dann im Rahmen der Beschaffung berücksichtigt werden.
- Forschung und Entwicklung für Innovationen zur Steigerung der Energieeffizienz von Servern und Rechenzentren
- Public Private Partnerships für energieeffiziente Rechenzentren.

#### **4.1.4. Internationale Initiativen**

Neben den deutschen, europäischen und US-amerikanischen Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz der Informations- und Kommunikationstechnik sind mit Blick auf den internationalen Raum auch die Aktivitäten der Internationalen Energie Agentur zu nennen, die u.a. eine Initiative zur Steigerung der Energieeffizienz von Set-top-Boxen und digitalen Netzwerken ergriffen hat.<sup>46</sup>

### **4.2. Brancheninitiativen**

#### **4.2.1. Best Practice-Beispiele**

Wie der BMU-Fachdialog „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ im Rahmen dieses Vorhabens gezeigt, hat existieren bereits eine Reihe von Best Practice-Beispielen für die Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren.<sup>47</sup> Dazu zählen neben energieeffizienten Servern (Gnettner 2007) oder Virtualisierungskonzepten (Schmidberger 2007) auch innovative Energieversorgungskonzepte für Rechenzentren z.B. unter Einsatz von Brennstoffzellen (Roßmann 2007). Als ein Beispiel dafür, wie die Energieeffizienz eines Rechenzentrums verdoppelt werden kann, ohne dass dazu Investitionen nötig wären, die über die üblichen Ersatzinvestitionen hinausgehen, soll an dieser Stelle das Beispiel der b.r.m. Technologie- und Managementberatung aus Bremen vorgestellt werden. Diese stellte ihr Rechenzentrum im Zeitraum von 2003 bis 2006 auf ein

---

<sup>46</sup> Vgl. [http://www.iea.org/textbase/work/workshopdetail.asp?WS\\_ID=285](http://www.iea.org/textbase/work/workshopdetail.asp?WS_ID=285) (abgerufen 28.08.07)

<sup>47</sup> Vgl. die Vortragsfolien des Fachdialoges, die kostenlos abrufbar sind unter [www.borderstep.de](http://www.borderstep.de).

„ökologisches High-End-Rechenzentrum“ um und reduzierte dabei den jährlichen Stromverbrauch von 120.000 KWh auf 60.000 KWh (Rossol 2007).

#### Abbildung 17: Umstellung auf ein ökologisches High-End-Rechenzentrum

- 2003; Ich stehe im Serverraum und ärgere mich.
- „Es kann nicht sein, dass wir für den Betrieb unserer Server 1 KW/h elektrische Leistung in die Server stecken und dann die gleiche oder höhere Menge an elektrische Energie in die Entsorgung der Hitzeentwicklung stecken.“
- Wir ziehen alles in Zweifel, wir glauben nix!
- Die Literatur, die Raumtemperatur, die Wirkungsgrade und andere Ungereimtheiten.
- Der Umstellungsprozess begann im März 2003 mit der Integration des ersten Blade-Server. Ein Blade-Server ersetzt ca. 14 konventionelle Server. Diese Maßnahme wurde begleitet von der sukzessiven Anhebung der Raumtemperatur durch Reduzierung der Klimaanlageleistung und umfangreichen Messmaßnahmen, die mit den vorherigen Werten abgeglichen wurden.
- Die Energieeinsparung lag bei ca. 40 %. Aus dieser positiven Erfahrung heraus wurde in der Folgezeit der Großteil der Systeme im Rahmen ihres Produktlebenszyklus gegen Blade-Server ausgetauscht. Bei der technischen Migration haben wir die Systeme überwiegend mit VM-Ware virtualisiert. Somit hatten wir die Umstellung der Server bis Ende 2005 abgeschlossen.
- Der Speicher; unser neues Büro, ein altes Hafenspeicher. [www.ueberseestadt.de](http://www.ueberseestadt.de)
- Im nächsten Schritt wurde Mitte 2006 der Serverraum mit einer speziellen Wärme- und Schallisolierung sowie einer regelbaren Zu- und Abluftanlage ausgerüstet, so dient die produzierte Abluft gleichzeitig als Heizluft für die Büroräume. Seitdem sind bei uns keine Verbrauchskosten für Heizung mehr angefallen.
- Das energiesparende High-End-Rechenzentrum ist neben seinem Hauptnutzen, rund 50% weniger Stromverbrauch, durch zahlreiche Synergieeffekte geprägt: Energiebedarf der Heizungsanlage sinkt, minimalste Geräuschemissionen und hoch integrierte Server ließen eine völlig neue bauliche Integrationen zu, sehr effiziente Serververwaltung, Imagegewinn und Kostenvorteile.
- Der Gesamtstromverbrauch ist von rund 120.000 auf 60.000 KW/h gesunken.
- Gesamtenergiebilanz bei b.r.m. realisiert in der Höhe von ca. ./ 65 %.
- Energieeffizienz als gleichbedeutender Maßstab im Betrieb eines Rechenzentrums.
- Die Migration ist die zu erbringende theoretische Leistung um von einem Rechenzentrum zu einem ökologisches High-End-Rechenzentrum zu kommen.

Quelle: Rossol 2007.

#### 4.2.2. Netzwerke und Verbünde

In jüngster Zeit sind eine Reihe von Netzwerken und Verbünden zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Steigerung der Energieeffizienz von Computern und Rechenzentren entstanden. Dazu zählen:

- Die „*The Green Grid*“-Initiative, eine Allianz von vornehmlich US-amerikanischen IT-Unternehmen und Softwareherstellern, die sich zum Ziel gesetzt haben, die Energieeffizienz von Servern und Rechenzentren zu erhöhen. Die vom Prozessorenhersteller AMD initiierte Allianz wurde 2006 ins Leben gerufen und hat mittlerweile schon fast 100 Mitgliedsunternehmen.<sup>48</sup> Von der Initiative wur-

<sup>48</sup> Vgl. [www.thegreengrid.org](http://www.thegreengrid.org). (abgerufen am 28.08.2007).

den mittlerweile schon eine Reihe von Handreichungen wie z.B. ein Leitfaden für energieeffiziente Rechenzentren und ein Papier „The Green Grid Metrics“ vorgelegt, in dem Konzepte zur Messung der Energieeffizienz von Rechenzentren vorgestellt werden (The Green Grid 2007).

- Die „80plus“-Initiative in den U.S.A.: Hier handelt es sich um ein von US-amerikanischen Energieversorgungsunternehmen finanziertes Anreizprogramm zur Steigerung der Energieeffizienz von Netzteilen. Dazu werden Netzteile zertifiziert, deren Wirkungsgrad 80% oder höher liegt.<sup>49</sup>
- *Climate Savers Computing Initiative*: Die von Google und Intel in 2007 gegründete Initiative wurde durch das von der Umweltschutzorganisation WWF entwickelte „Klimaschutzprogramm“ angeregt, in dessen Rahmen sich seit 1999 eine Vielzahl von Unternehmen zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen verpflichtet haben. Ziel der Climate Savers Computing Initiative ist es u.a. bis 2010, die aus der Nutzung von Computern resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen um 50% zu reduzieren.<sup>50</sup>
- *BITKOM Leitfaden „Energieeffizienz von Rechenzentren“*: Der Arbeitskreis „Betriebssicheres Rechenzentrum und Infrastruktur“ des Branchenverbandes BITKOM erarbeitet derzeit einen Leitfaden, der IT-Hersteller sowie die Planer und Betreiber von Rechenzentren unterstützen soll, die Energieeffizienz von Rechenzentren zu verbessern.

#### 4.2.3. Unternehmensinitiativen und Pilotvorhaben

Mittlerweile haben zahlreiche IT-Hersteller sowie Internet- und Telekommunikationsunternehmen Initiativen zur Energieeinsparung, zur Steigerung der Energieeffizienz und zum Klimaschutz ergriffen. Mit Blick auf energieeffiziente Rechenzentren können hier u.a. genannt werden:

- Die Innovationsinitiative „*The Big Green*“ von IBM, in dessen Rahmen das US-Unternehmen eine Milliarde US-Dollar für die Entwicklung „grüner“ IT-Technologien und IT-Lösungen aufwenden will.

---

<sup>49</sup> Vgl. [www.80plus.org](http://www.80plus.org) (abgerufen am 28.08.2007).

<sup>50</sup> Vgl. <http://www.climatesaverscomputing.org> (abgerufen am 28.08.2007).

- Das Pilotprojekt “*Green IT Power*”, das 2006 initiiert wurde und in dessen Rahmen die IBM Schweiz, die ETH Zürich und die Züricher Kantonalbank ein energieoptimiertes Rechenzentrum mit geschlossenem Energiekreislauf entwickeln wollen (Schanze 2007).
- Der *NODE-Nachwuchspreis* für nachhaltige Technik und Architektur in Rechenzentren. Dieser von der Schnabel AG, einer Planungsfirma von Verwaltungsgebäuden und Rechenzentren, initiierte und gemeinsam mit zahlreichen Partnern ausgerichtete Nachwuchspreis soll energieeffiziente Lösungen für Rechenzentren fördern und auszeichnen.<sup>51</sup>
- Das GE.NET Rechenzentrum Frankfurt des Internetdienstleisters Green Energy Network Technology wird bereits seit Ende 2006 ausschließlich Ökostrom betrieben und dies mit bis zu 90% weniger Ausstoß von CO<sub>2</sub> Emissionen.<sup>52</sup>
- Jüngst trat der Internetprovider Strato mit der Meldung an die Öffentlichkeit, dass er als erster großer Webhoster seine Rechenzentren komplett auf Strom aus erneuerbaren Energien umstellt.<sup>53</sup>

---

<sup>51</sup> Vgl. [www.node-preis.de](http://www.node-preis.de) (abgerufen am 28.08.2007).

<sup>52</sup> Vgl. <http://ge.net> (abgerufen am 28.08.2007).

<sup>53</sup> Vgl. [www.strato.de/press/pressreleases/2007\\_7\\_9.html](http://www.strato.de/press/pressreleases/2007_7_9.html) (abgerufen am 10.08.2007).

## 5. SWOT-Analyse

Aus Sicht einer ökologischen Industriepolitik zeigen sich mit Blick auf die Entwicklung und Erschließung des Zukunftsmarktes für energieeffiziente Rechenzentren und die internationale Wettbewerbsposition der EU und Deutschlands klare Stärken und Schwächen bzw. Chancen und Risiken. Diese lassen sie wie folgt zusammenfassen.

**Tabelle 10: SWOT-Analyse für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der EU und Deutschlands bei energieeffizienten Rechenzentren**

| Stärken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Chancen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Führende Anbieter von Schrank-, Strom- und Kühlungslösungen für Rechenzentren kommen aus Deutschland</li> <li>Starke Position bei Energieeffizienz-relevanten Patenten im Bereich Kühlung, Klimatisierung, Abwärmenutzung</li> <li>Starke Position bei Planung von Rechenzentren (produktunabhängige Planer)</li> <li>Es existieren bereits vielfältige Best Practice-Beispiele für energieeffiziente Rechenzentrumslösungen in Deutschland</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energieeffizienz ist mittlerweile ein Top-Thema bei IT-Herstellern und Rechenzentrumsplanern und ein zentraler Wettbewerbsfaktor</li> <li>Zunehmende Aufmerksamkeit auch bei den Betreibern von Rechenzentren</li> <li>„Low hanging fruits“: Es existieren vielfältige Möglichkeiten für leicht realisierbare Energieeinsparmaßnahmen</li> <li>Energieeinsparpotenzial 2007 – 2010: 21 TWh bzw. 13,6 Mio. t CO<sub>2</sub><sup>54</sup></li> <li>Einsparpotenzial bei Stromkosten von Rechenzentren 2007 – 2010: 2,5 Mrd. €</li> <li>EU Code of Conduct for Data Centre wird derzeit erarbeitet.</li> </ul>                                  |
| Schwächen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Herausforderungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Dominanz US-amerikanischer Unternehmen bei Prozessoren und Servern</li> <li>Die politische Debatte zur Steigerung der Energieeffizienz von Servern und Rechenzentren in Deutschland hinkt hinter der in den USA hinterher (vgl. Initiative für energieeffiziente Rechenzentren des US-Kongress)</li> <li>US-dominierte Unternehmensinitiative „Green Grid“</li> </ul>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ohne zusätzliche Effizienzanstrengungen werden Stromverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen von Rechenzentren in Deutschland bis 2010 um ca. 50% ansteigen</li> <li>Definition und Messung von Energieeffizienz bei Rechenzentren</li> <li>Information und Aufklärung der Betreiber von Rechenzentren (Bekanntmachung von Best Practice etc.)</li> <li>Schaffung der weltweit energieeffizientesten Rechenzentren als Referenzen für Exportmärkte („Lead Markt-Ansatz“)</li> <li>Entwicklung ganzheitlicher „grüner“ Rechenzentren, die nicht allein Energieeffizienzaspekte, sondern auch Klimaneutralität etc. berücksichtigen.</li> </ul> |

<sup>54</sup>Das Einsparpotenzial errechnet sich aus der Differenz des „Aktuelle-Effizienz-Trends“-Szenarios und des „State-of-the-art“-Szenarios und summiert die Differenzen in 2007 – 2010.

## 6. Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und insbesondere Rechenzentren spielen sowohl unter wirtschaftlichen als auch unter ökologischen Gesichtspunkten eine zunehmende Bedeutung. Die durch den Stromverbrauch der IKT in Deutschland verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen betrugen in 2004 bereits über 28 Mio. t CO<sub>2</sub> - Äquivalente<sup>55</sup> und lagen damit bereits deutlich über den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Luftverkehrs.<sup>56</sup> Der Stromverbrauch der rund 50.000 Rechenzentren in Deutschland betrug im Jahr 2006 insgesamt 8,67 TWh. Dies entspricht der Jahresstromproduktion von drei mittelgroßen Kohlekraftwerken und ist mehr als das 1,5-fache der Jahresstromerzeugung des Atomkraftwerkes Brunsbüttel.<sup>57</sup> Durch den Stromverbrauch verursachten die Rechenzentren in Deutschland in 2006 CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Höhe von 5,6 Mio. t. Ohne zusätzliche Effizienzanstrengungen werden der Stromverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Rechenzentren in Deutschland bis 2010 um ca. 50% ansteigen. Werden dahingegen, die heute bereits verfügbaren und bei Vorreitern bereits eingesetzten energieeffizienten Technologien auf breiter Front angewendet, könnten im Zeitraum von 2007 bis 2010 insgesamt 21 TWh bzw. 13,6 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Die Betreiber von Rechenzentren könnten auf diese Weise bis 2010 insgesamt 2,5 Mrd. € an Stromkosten einsparen. Dabei handelt es sich überwiegend um so genannte „Low hanging fruits“, also leicht realisierbare Maßnahmen, die keine Investitionen erfordern, die über die üblichen Ersatzinvestitionen hinausgehen. Um dies zu erreichen besteht allerdings Handlungsbedarf.

Auf Basis der vorliegenden Studie und des im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Fachdialogs „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ lassen sich folgende Handlungsempfehlungen formulieren:

- Verbesserung der Information und Aufklärung der Betreiber von Rechenzentren. Dazu könnte z.B. eine **Best-Practice-Broschüre "Energieeffiziente Rechenzentren"** beitragen. In der Broschüre sollten ca. zehn konkrete Beispiele energieeffizienter Rechenzentren anschaulich und mit wichtigen Eckdaten vorgestellt werden, und zwar von ganz kleinen bis zu ganz großen Rechenzentren und von unterschiedlichen Rechenzentrumstypen, damit sich ein breites Spektrum von Rechenzentrums-Betreibern hier wieder finden und konkrete Anregungen zur Energieeinsparung bekommen kann.

---

<sup>55</sup> Errechnet auf Basis von Cremer et al. (2003, 24) und GEMIS Version 4.3, ([www.oeko.de/service/gemis](http://www.oeko.de/service/gemis)).

<sup>56</sup> Die durch den Luftverkehr in Deutschland bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen lagen in 2004 bei 22 Mio. t (vgl. GENESIS-Tabelle, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2007).

<sup>57</sup> Vgl. dazu die Fußnoten 18 und 19.

- **Verbesserung der Datenbasis** zu Energieverbrauch und Energieeffizienz von Rechenzentren in Deutschland: Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, gibt es hier noch erhebliche Defizite. Um Energieeffizienzmaßnahmen planen und nach ihrer Realisierung beurteilen zu können, sind sowohl für die Politik als auch für die IKT-Wirtschaft verlässliche Zahlen über die Entwicklung des Energieverbrauchs und die Energieeffizienz von Servern und Rechenzentren von zentraler Bedeutung. Für ein solches **Energieeffizienzmonitoring** sind nicht nur Gesamtzahlen, sondern auch Differenzierungen nach Größe, Typ und Lokalität von Rechenzentren notwendig. In diesem Zusammenhang wären auch die Messkonzepte und Indikatoren zur Energieeffizienz zu evaluieren und weiterzuentwickeln.
- Entwicklung einer **Branchenroadmap zu "Innovativen Energieversorgungs-, Kühlungs- und Abwärmenutzungskonzepten für Rechenzentren"** in Zusammenarbeit von Planern/Herstellern und Betreibern von Rechenzentren, Energiedienstleistern, Forschung etc. Während die Optimierung von Prozessoren, Servern und anderer Einzelkomponenten von Rechenzentren wie Stromumwandlung und Klimatisierung bereits im vollen Gange ist, sind ganzheitliche Herangehensweisen an innovative Energieversorgungs- und Abwärmesysteme und entsprechende Managementmodelle (z.B. Energie-Contracting) für Rechenzentren noch die Ausnahme. Hier könnten von einer Branchenroadmap wichtige Impulse sowohl für F&E als auch für die Umsetzung ausgehen.
- Entwicklung eines **Leuchtturmprojektes „Faktor 10“ für das weltweit energieeffizienteste Rechenzentrum**. Im Rahmen eines Demonstrationsprojektes von IT-Herstellern und Rechenzentrumsplanern könnte aufgezeigt werden, was durch Anwendung von Best Practice und innovativen Technologien heute bereits möglich ist und dass der Energieverbrauch auf 10% oder weniger des heute durchschnittlichen Verbrauchs gesenkt werden kann (Faktor 10). Dies kann u.a. zur Stimulierung eines "Lead markets" für exportfähige Konzepte und Technologien für energieeffiziente Rechenzentren beitragen. Hier sollten die Förder- und Kooperationsmöglichkeiten von BMU, weiteren Ministerien, BITKOM und IT-Unternehmen geprüft werden. Das Leuchtturmprojekt könnte dabei auch in einem Rechenzentrum einer Bundesbehörde realisiert werden.
- Entwicklung eines **Konzepts für regelmäßige Energie-Checks oder Energieaudits** von Rechenzentren. Die Umsetzung könnte u.a. in Zusammenarbeit mit der öffentlichen Hand erfolgen, die ja selbst zahlreiche Rechenzentren betreibt! Dabei könnte u.a. geprüft werden, ob die jeweiligen Typen von Rechenzentren definierte Energieeffizienz-Werte erreichen.

- **Leitbild und konkrete Zielsetzungen** zum Thema Energieeffizienz. Hier könnte im Dialog von IKT-Branche und BMU eine freiwillige Selbstverpflichtung der Branche entwickelt werden, die neben Umweltschutzgesichtspunkten (Beitrag zur Energieeinsparung, CO<sub>2</sub>-Reduktion) auch die Stimulierung eines Zukunftsmarktes für energieeffiziente IKT-Infrastruktur/Rechenzentren zum Ziel hat.

Weitere wichtige Maßnahmen, die geprüft werden sollten:

- Unterstützung / Beteiligung an der Entwicklung des EU Code of Conduct for Data Centre.
- Informationskampagne energieeffiziente Server und Rechenzentren zusammen mit Verbänden z.B. im Rahmen des BMU Netzwerkes „Ressourceneffizienz“.
- Anreize für Energieeffizienz beim Bau von Rechenzentren (z.B. einzuhaltende Energieeffizienzkennzahlen, Energiemodellierung etc.).
- Schaffung von Anreizen für die Betreiber bzw. Leiter von Rechenzentren (auch bei der öffentlichen Hand) zur regelmäßigen Stromverbrauchserfassung und zur Aufnahme/Ausweisung der Stromkosten in die Kostenstelle des Rechenzentrums, z.B. durch Einführung von Energieaudits für große Rechenzentren.
- EU Energy Star für energieeffiziente Server und Berücksichtigung energieeffizienter Geräte bei der öffentlichen Beschaffung für Rechenzentren.
- Durchführung eines BMU-Fachdialogs zum Thema „Energieeinsparpotenziale durch Thin-Client-Server-Computing“.

## Literatur

- Aebischer, B. et al. (2003). Energy- and Eco-Efficiency of Data Centres. Report commissioned by the Canton of Geneva, Geneva, Switzerland  
[http://www.cepe.ch/research/projects/datacentres/data\\_centres\\_final\\_report\\_05012003.pdf](http://www.cepe.ch/research/projects/datacentres/data_centres_final_report_05012003.pdf)
- AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (2007): Bruttostromerzeugung in Deutschland 1990 bis 2006 nach Energieträgern, Stand: 25. Januar 2007, abrufbar unter <http://www.ag-energiebilanzen.de> (abgerufen 25.05.2007).
- Bailey, M.; Eastwood, M.; Grieser, T.; Borovick, L.; Turner, V.; Gray, R.C. (2007): Special Study: Data Center of the Future, New York, NY, IDC, IDC #06C4799, April 2007
- Behrendt, S.; Henseling, C.; Fichter, K.; Bierter, W. (2005): Chancenpotenziale für nachhaltige Produktnutzungssysteme im E-Business, IZT-Werkstattbericht Nr. 71, Berlin
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2006): Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2006, Bonn, Berlin, 2006
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2007): Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes für Deutschland, Energiedaten Tabelle 26, Stand: 11.04.2007
- Bundesamt für Strahlenschutz (2007): Erzeugte Elektrizitätsmengen (netto) der deutschen Kernkraftwerke, [www.bfs.de/kerntechnik](http://www.bfs.de/kerntechnik) (abgerufen am 27.08.2007)
- Computerwoche (2006a): Gartner empfiehlt "grüne" Rechenzentren statt Blade-Verdichtung, Online-Artikel vom 29.09.2006: <http://www.computerwoche.de/projekte/technik/hardware/582013/index2.html> (abgerufen am 27.08.2007)
- Computerwoche (2006b): Der Markt für Server: Sinkende Margen - harter Preiskampf, Meldung vom 27.09.2006, abrufbar unter: [http://www.computerwoche.de/top\\_100/hardware/581903/](http://www.computerwoche.de/top_100/hardware/581903/) (abgerufen 27.08.2007)
- Cremer, C. et al. (2003): Energy Consumption of Information and Communication Technology (ICT) in Germany up to 2010, Summary of the final report to the German Federal Ministry of Economics and Labour, Karlsruhe/Zurich, Januar 2003

- EITO (2007): European Information Technology Observatory 2007, Berlin, Frankfurt a.M., 2007
- Gnettner, W. (2007): Energieeffiziente Server: Chipdesign und Hardware-Technologie, Folien des Vortrages im Rahmen des BMU-Fachdialogs „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ am 03.07.2007 in Berlin, abrufbar unter [http://www.borderstep.de/pdf/7\\_FujitsuSiemens.pdf](http://www.borderstep.de/pdf/7_FujitsuSiemens.pdf)
- Greenberg, Steve, Evan Mills, Bill Tschudi, Peter Rumsey, and Bruce Myatt. (2006): Best Practices for Data Centers: Lessons Learned from Benchmarking 22 Data Centers. Proceedings of the ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings in Asilomar, CA. ACEEE, August. Vol 3, pp 76-87. <http://eetd.lbl.gov/emills/PUBS/PDF/ACEEE-datacenters.pdf> (abgerufen am 14.08.2007)
- IDC (2006): The Impact of Power and Cooling on Data Center Infrastructure, Document #201722, May 2006
- IDC (2007): IDC's Worldwide Installed Base Forecast, 2007 – 2010, Framingham, MA: IDC, March 2007
- LBNL (2006): High-Performance Buildings for High-Tech Industries, Data Centers. Lawrence Berkeley National Laboratory. <http://hightech.lbl.gov/datacenters.html> (abgerufen am 06.04.2007)
- Kersten, R. (2007): CO<sub>2</sub> und Internet: Wieviel CO<sub>2</sub> erzeugt eine eBay-Auktion, Vortrag im Rahmen des eBay-Entwicklertages im Mai 2007, verfügbar unter: [http://pages.ebay.de/entwickler/konferenz/vortraege/2007/01\\_01\\_02\\_Kersten\\_S\\_UN.pdf](http://pages.ebay.de/entwickler/konferenz/vortraege/2007/01_01_02_Kersten_S_UN.pdf) (abgerufen am 10.06.2007)
- Koomey, G.J. (2007): Estimating Total Power Consumption by Servers in the U.S. and the World, Final report, February 15, 2007
- Roßmann, M. (2007): Innovationsstrategien für energieeffiziente Rechenzentren, Folien des Vortrages im Rahmen des BMU-Fachdialogs „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ am 03.07.2007 in Berlin, abrufbar unter [http://www.borderstep.de/pdf/10\\_Rittal.pdf](http://www.borderstep.de/pdf/10_Rittal.pdf) (abgerufen am 15.07.2007)
- Rossol, H. (2007): Realisierung eines ökologischen High-End-Rechenzentrums, Folien des Vortrages im Rahmen des BMU-Fachdialogs „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ am 03.07.2007 in Berlin, abrufbar unter <http://www.borderstep.de/pdf/Rossol.pdf> (abgerufen am 05.08.2007)

- Schanze, J. (2007): Das Grüne Rechenzentrum: Energieeffizienz und Informatikleistung als Gesamtbetrachtung, Folien des Vortrages im Rahmen des BMU-Fachdialogs "Zukunftsmarkt 'grüne' Rechenzentren" am 03.07.2007 in Berlin, verfügbar unter [www.borderstep.de](http://www.borderstep.de) (abgerufen 28.08.2007)
- Schmidberger, A. (2007): Software: Energieeinsparung durch Virtualisierung, Folien des Vortrages im Rahmen des BMU-Fachdialogs "Zukunftsmarkt 'grüne' Rechenzentren" am 03.07.2007 in Berlin, abrufbar unter: [http://www.borderstep.de/pdf/8\\_VMware.pdf](http://www.borderstep.de/pdf/8_VMware.pdf) (abgerufen am 15.08.2007)
- Spreng, D.; Aebischer, B. (1990). Computer als Stromverbraucher, Schweizer Ingenieur und Architekt, Oktober 1990
- The Green Grid (2007): Green Grid Metrics: Describing Datacenter Power Efficiency, Technical Committee White Paper, February 20, 2007, abrufbar unter [www.thegreengrid.org](http://www.thegreengrid.org) (abgerufen 10.06.2007)
- The Uptime Institute (2006): Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance, White Paper, by W. Pitt Turner, P.E. John H. Seader, and Kenneth G. Brill, Santa Fe, New Mexico, USA
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency, Energy Star Program) (2007): Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency, Public Law 109-431, August 2, 2007

## Anhänge

### Anhang 1: Fragebogen "Rack-, Power- und Cooling-Lösungen für energieeffiziente Rechenzentren"



#### Befragung „Rack-, Power- und Cooling-Lösungen für energieeffiziente Rechenzentren“

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellt das Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit derzeit eine Studie zum Thema „Zukunftsmarkt energieeffiziente Rechenzentren“. Der Blick gilt dabei sowohl innovativen Ansätzen zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren als auch den wirtschaftlichen Chancen, die sich daraus im internationalen Wettbewerb ergeben. Eine wichtige Grundlage für die Studie stellt eine Befragung von Anbietern und Herstellern von Rack-, Power- und Cooling-Lösungen für Rechenzentren dar, die das Borderstep Institut und der Bundesverband Informationstechnik, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM) gemeinsam durchführen. Wir bitten Sie daher uns zu unterstützen und die folgenden Fragen zu beantworten. Die Ergebnisse sollen im Rahmen eines Fachdialogs „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“ am 3. Juli 2007 im Bundesumweltministerium in Berlin vorgestellt werden. Nähere Informationen dazu finden Sie unter [www.borderstep.de](http://www.borderstep.de).

Wir garantieren, dass alle Anforderungen des Datenschutzes eingehalten werden und die Informationen ausschließlich für statistische Zwecke verwendet werden.

Für Rückfragen wenden Sie sich bitte an:  
Maik Eimertenbrink  
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit  
Tel. +49 (0)30.30 645 100-0  
E-Mail: [eimertenbrink@borderstep.de](mailto:eimertenbrink@borderstep.de)

Dr. Ralph Hintemann  
Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und Neue Medien e.V.  
Tel. +49 (0) 30. 27 57 60  
E-Mail: [r.hintemann@bitkom.org](mailto:r.hintemann@bitkom.org)

Bitten senden Sie diesen Fragebogen **bis 22. Juni 2007** ausgefüllt zurück an: [eimertenbrink@borderstep.de](mailto:eimertenbrink@borderstep.de) oder Fax 030.306 45-1009

Angaben zum Interviewpartner:

Name: \_\_\_\_\_

Funktion: \_\_\_\_\_

Tel. \_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

1. In welchem Produktbereich bieten Sie Lösungen an? (Bitte Zutreffendes ankreuzen)

Rack-Lösungen ☐ Power-Lösungen ☐ Cooling-Lösungen ☐

2. Wir sind gleichzeitig auch Hersteller von Komponenten oder Anlagen im Bereich (Bitte Zutreffendes ankreuzen)

Racks ☐ Power ☐ Cooling ☐ Wir sind kein Hersteller ☐

3. Bieten Sie neben einzelnen Komponenten für Rechenzentren auch die komplette Planung von Rechenzentren sowie komplette schlüsselfertige Rechenzentren an?

☐ nein ☐ ja, nähere Informationen dazu unter [www.\\_\\_\\_\\_\\_.de](http://www._____.de)  
(bitte Internetadresse einfügen)

4. Welche 5 produktabhängigen Planer/ Bauer für schlüsselfertige Rechenzentren (RZ) sind Ihnen bekannt?  
(hiermit sind Firmen gemeint, die Server oder RZ-Komponenten wie Klimatisierungstechnologien etc. selbst herstellen und gleichzeitig als Planer/Bauer von RZs auftreten)

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

5. Welche 5 produktunabhängigen Planer / Bauer für schlüsselfertige Rechenzentren sind Ihnen bekannt?  
(hiermit sind Firmen gemeint, die Rechenzentren planen, aber keine Server oder RZ-Komponenten wie Klimatisierungstechnologien etc. selbst herstellen)

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

6. Wie hoch schätzen Sie die Anzahl von Rechenzentren?  
(ausgehend von der Definition, dass es sich bei einem "Rechenzentrum" mindestens um einen eigenständigen Raum mit Klimatisierung und sicherer Stromversorgung handelt.)  
in Deutschland: \_\_\_\_\_ in der EU: \_\_\_\_\_ weltweit: \_\_\_\_\_
7. Wie groß ist Ihrer Einschätzung nach ein durchschnittliches Rechenzentrum?  
Fläche in qm: \_\_\_\_\_ Anzahl Server: \_\_\_\_\_
8. Welche 5 Anbieter von Rack-, Strom- und Klimatisierungslösungen für Rechenzentren sind Ihnen bekannt?
- |                |              |                       |
|----------------|--------------|-----------------------|
| 1. Rack: _____ | Strom: _____ | Klimatisierung: _____ |
| 2. Rack: _____ | Strom: _____ | Klimatisierung: _____ |
| 3. Rack: _____ | Strom: _____ | Klimatisierung: _____ |
| 4. Rack: _____ | Strom: _____ | Klimatisierung: _____ |
| 5. Rack: _____ | Strom: _____ | Klimatisierung: _____ |
9. Wie hoch ist Ihrer Meinung nach die jährliche Wachstumsrate des Marktvolumens bei Rack-, Strom- und Klimatisierungslösungen für Rechenzentren?
- |                |                                       |                                       |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| In Deutschland | von 2005 - 2010: <input type="text"/> | von 2010 - 2015: <input type="text"/> |
| Weltweit:      | von 2005 - 2010: <input type="text"/> | von 2010 - 2015: <input type="text"/> |
10. Wie beurteilen Sie die Wettbewerbsposition europäischer Hersteller/Anbieter im internationalen Vergleich?  
von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schwach)
- |                                                                  | Heute                      | in 2010                    |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Im Markt für Racksysteme für Rechenzentren                       | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
| ...für Power: Sichere Stromversorgung/Effiziente Stromverteilung | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
| ...für Klimatisierungs-/Kühlungslösungen für Rechenzentren       | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
11. Welchen Handlungsbedarf sehen Sie mit Blick auf die zukünftige Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren (RZ)?
- |                                                                                                                                  | sehr wichtig             | wichtig                  | weniger wichtig          | nicht sinnvoll           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Förderung des Bewusstseins bei Kunden für die Bedeutung von Energieeffizienz                                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Verbesserung des Beratungsangebots für Kunden in Sachen Energieeffizienz                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Erstellung einer Branchenroadmap von Herstellern/Anbietern mit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von RZ              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Förderungen für energieeffiziente RZ (z.B. durch EU)                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ausrichtung der Beschaffung der öffentlichen Hand auf energieeffiziente Lösungen                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Verbesserung der Informationsgrundlagen für Nutzer/Betreiber von RZ (z.B. Leitfäden, Checklisten, etc. zu energieeffizienten RZ) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Branchenweite Standardisierung der Verfahren zur Messung und Festlegung der Energieeffizienz                                     |                          |                          |                          |                          |
| von gesamten Rechenzentren                                                                                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von Netzteilen                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von USV-Lösungen                                                                                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von Cooling-Lösungen                                                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von Servern                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Einführung von Energieeffizienzklassen...                                                                                        |                          |                          |                          |                          |
| bei Netzteilen                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei USV-Lösungen                                                                                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Cooling-Lösungen                                                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Servern                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kennzeichnung von Produkten / Lösungen nach Energieeffizienzklassen...                                                           |                          |                          |                          |                          |
| bei Netzteilen                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei USV-Lösungen                                                                                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Cooling-Lösungen                                                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Servern                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
12. Welche Wünsche / Forderungen haben Sie in Sachen Energieeffizienz von Power- und Cooling-Lösungen für Rechenzentren an die Politik?
- Kommentar: \_\_\_\_\_

## Anhang 2: Fragebogen "Server-Lösungen für energieeffiziente Rechenzentren"



### Befragung „Server-Lösungen für energieeffiziente Rechenzentren“

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellt das Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit derzeit eine Studie zum Thema „Zukunftsmarkt energieeffiziente Rechenzentren“. Der Blick gilt dabei sowohl innovativen Ansätzen zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren als auch den wirtschaftlichen Chancen, die sich daraus im internationalen Wettbewerb ergeben. Eine wichtige Grundlage für die Studie stellt eine Befragung von Anbietern und Herstellern von Server-Lösungen für Rechenzentren dar, die das Borderstep Institut und der Bundesverband Informationstechnik, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM) gemeinsam durchführen. Wir bitten Sie daher uns zu unterstützen und die folgenden Fragen zu beantworten. Die Ergebnisse sollen im Rahmen eines Fachdialogs „Zukunftsmarkt „grüne“ Rechenzentren“ am 3. Juli 2007 im Bundesumweltministerium in Berlin vorgestellt werden. Nähere Informationen dazu finden Sie unter [www.borderstep.de](http://www.borderstep.de).

Wir garantieren, dass alle Anforderungen des Datenschutzes eingehalten werden und die Informationen ausschließlich für statistische Zwecke verwendet werden.

Für Rückfragen wenden Sie sich bitte an:  
Maik Eimertenbrink  
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit  
Tel. +49 (0)30.30 645 100-0  
E-Mail: [eimertenbrink@borderstep.de](mailto:eimertenbrink@borderstep.de)

Dr. Ralph Hintemann  
Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und Neue Medien e.V.  
Tel. +49 (0) 30. 27 57 60  
E-Mail: [r.hintemann@bitkom.org](mailto:r.hintemann@bitkom.org)

Bitten senden Sie diesen Fragebogen **bis 22. Juni 2007** ausgefüllt zurück an: [eimertenbrink@borderstep.de](mailto:eimertenbrink@borderstep.de) oder Fax 030.306 45-1009

Angaben zum Interviewpartner:

Name: \_\_\_\_\_  
Funktion: \_\_\_\_\_  
Tel. \_\_\_\_\_  
E-Mail: \_\_\_\_\_

- In welchem Produktbereich bieten Sie Lösungen an? (Bitte Zutreffendes ankreuzen)  

|                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Server-Lösungen          | Rack-Lösungen            | Power-Lösungen           | Cooling-Lösungen         |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- Wir sind gleichzeitig auch Hersteller von Hardware oder Anlagen im Bereich (Bitte Zutreffendes ankreuzen)  

|                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Server                   | Racks                    | Power/Cooling            | Wir sind kein Hersteller |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- Bieten Sie neben Servern und einzelnen Komponenten für Rechenzentren auch die komplette Planung von Rechenzentren sowie komplette schlüsselfertige Rechenzentren an?  
☐ nein ☐ ja, nähere Informationen dazu unter [www.\\_\\_\\_\\_\\_.de](http://www._____.de)  
 (bitte Internetadresse einfügen)
- Welche 5 produktabhängigen Planer/ Bauer für schlüsselfertige Rechenzentren (RZ) sind Ihnen bekannt?  
 (hiermit sind Firmen gemeint, die Server oder RZ-Komponenten wie Klimatisierungstechnologien etc. selbst herstellen und gleichzeitig als Planer/Bauer von RZs auftreten)  

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
- Welche 5 produktunabhängigen Planer /Bauer für schlüsselfertige Rechenzentren sind Ihnen bekannt?  
 (hiermit sind Firmen gemeint, die Rechenzentren planen, aber keine Server oder RZ-Komponenten wie Klimatisierungstechnologien etc. selbst herstellen)  

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

6. Wie hoch schätzen Sie die Anzahl von Rechenzentren?  
*(ausgehend von der Definition, dass es sich bei einem "Rechenzentrum" mindestens um einen eigenständigen Raum mit Klimatisierung und sicherer Stromversorgung handelt.)*  
 in Deutschland: \_\_\_\_\_ in der EU: \_\_\_\_\_ weltweit: \_\_\_\_\_

7. Wie groß ist Ihrer Einschätzung nach ein durchschnittliches Rechenzentrum?  
 Fläche in qm: \_\_\_\_\_ Anzahl Server: \_\_\_\_\_

8. Wie hoch ist Ihrer Meinung nach die jährliche Wachstumsrate des Marktvolumens für Server in Rechenzentren?  
 In Deutschland von 2005 – 2010:  von 2010 – 2015:   
 Weltweit: von 2005 – 2010:  von 2010 – 2015:

9. Wie beurteilen Sie die Wettbewerbsposition europäischer Hersteller/Anbieter im internationalen Vergleich?  
*von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schwach)*
- |                                                                        | Heute                      | in 2010                    |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Im Markt für Volume Server                                             | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
| Im Markt für Mid-range Server                                          | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
| Im Markt für High-End Server                                           | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
| Im Markt für Racksysteme für Rechenzentren                             | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
| Im Markt für Power: Sichere Stromversorgung/Effiziente Stromverteilung | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |
| Im Markt für Klimatisierungs-/Kühlungslösungen für Rechenzentren       | <input type="text"/> (1-5) | <input type="text"/> (1-5) |

10. Wie definiert Ihr Unternehmen „Energieeffizienz“ bei Servern?

Kommentar: \_\_\_\_\_

11. Welchen Handlungsbedarf sehen Sie mit Blick auf die zukünftige Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren (RZ)?

|                                                                                                                                  | sehr wichtig             | wichtig                  | weniger wichtig          | nicht sinnvoll           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Förderung des Bewusstseins bei Kunden für die Bedeutung von Energieeffizienz                                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Verbesserung des Beratungsangebots für Kunden in Sachen Energieeffizienz                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Erstellung einer Branchenroadmap von Herstellern/Anbietern mit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von RZ              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Förderungen für energieeffiziente RZ (z.B. durch EU)                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ausrichtung der Beschaffung der öffentlichen Hand auf energieeffiziente Lösungen                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Verbesserung der Informationsgrundlagen für Nutzer/Betreiber von RZ (z.B. Leitfäden, Checklisten, etc. zu energieeffizienten RZ) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Branchenweite Standardisierung der Verfahren zur Messung und Festlegung der Energieeffizienz                                     |                          |                          |                          |                          |
| gesamter Rechenzentren                                                                                                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von Netzteilen                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von Strom-Lösungen (USV etc.)                                                                                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von Klimatisierungslösungen                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| von Servern                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Einführung von Energieeffizienzklassen...                                                                                        |                          |                          |                          |                          |
| bei Netzteilen                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Strom-Lösungen (USV etc.)                                                                                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Klimatisierungslösungen                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Servern                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kennzeichnung von Produkten / Lösungen nach Energieeffizienzklassen...                                                           |                          |                          |                          |                          |
| bei Netzteilen                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Strom-Lösungen (USV etc.)                                                                                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Klimatisierungslösungen                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| bei Servern                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

12. Welche Wünsche / Forderungen haben Sie in Sachen Energieeffizienz von Server-Lösungen an die Politik?

Kommentar: \_\_\_\_\_

Berlin, Juni 2007

### Anhang 3: Typische IT-Ausstattung und Infrastruktur-Merkmale nach Raumtypen

**Table 2-1. Typical IT Equipment and Site Infrastructure System Characteristics, by Space Type**

| Space type                   | Typical size           | Typical IT equipment characteristics                               | Typical site infrastructure system characteristics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Server closet                | <200 ft <sup>2</sup>   | 1-2 servers<br><br>No external storage                             | Typically conditioned through an office HVAC system. To support VOIP and wireless applications, UPS and DC power systems are sometimes included in server closets. Environmental conditions are not as tightly maintained as for other data center types. HVAC energy efficiency associated with server closets is probably similar to the efficiency of office HVAC systems.                                                                                                                             |
| Server room                  | <500 ft <sup>2</sup>   | A few to dozens of servers<br><br>No external storage              | Typically conditioned through an office HVAC system, with additional cooling capacity, probably in the form of a split system specifically designed to condition the room. The cooling system and UPS equipment are typically of average or low efficiency because there is no economy of scale to make efficient systems more first-cost competitive.                                                                                                                                                    |
| Localized data center        | <1,000 ft <sup>2</sup> | Dozens to hundreds of servers<br><br>Moderate external storage     | Typically use under-floor or overhead air distribution systems and a few in-room CRAC units. CRAC units in localized data centers are more likely to be air cooled and have constant-speed fans and are thus relatively low efficiency. Operational staff is likely to be minimal, which makes it likely that equipment orientation and airflow management are not optimized. Air temperature and humidity are tightly monitored. However, power and cooling redundancy reduce overall system efficiency. |
| Mid-tier data center         | <5,000 ft <sup>2</sup> | Hundreds of servers<br><br>Extensive external storage              | Typically use under-floor air distribution and in-room CRAC units. The larger size of the center relative to those listed above increases the probability that efficient cooling, e.g., a central chilled water plant and central air handling units with variable speed fans, is used. Staff at this size data center may be aware of equipment orientation and airflow management best practices. However, power and cooling redundancy may reduce overall system efficiency.                           |
| Enterprise-class data center | 5,000+ ft <sup>2</sup> | Hundreds to thousands of servers<br><br>Extensive external storage | The most efficient equipment is expected to be found in these large data centers. Along with efficient cooling, these data centers may have energy management systems. Equipment orientation and airflow management best practices are most likely implemented. However, enterprise-class data centers are designed with maximum redundancy, which can reduce the benefits gained from the operational and technological efficiency measures.                                                             |

Source: Derived from Bailey et al. (2007)

Quelle: U.S. EPA 2007, 34.

#### Anhang 4: Zusammenfassung der „Baseline“-Szenarien des EPA

| Scenario                  | IT Equipment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Site Infrastructure Systems                                                                                                                                      |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Historical trends         | <ul style="list-style-type: none"> <li>2000 to 2006 energy use growth trends for IT equipment extrapolated to 2011</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>PUE ratio frozen at 2.0 for all space types for years 2007 to 2011</li> </ul>                                             |
| Current efficiency trends | <ul style="list-style-type: none"> <li>Volume server virtualization leading to a physical server reduction ratio of 1.04 to 1 (for server closets) and 1.08 to 1 (for all other space types) by 2011</li> <li>“Energy efficient” servers represent 5% of volume server shipments in 2007 and 15% of shipments in 2011</li> <li>Power management is enabled on 10% of applicable servers</li> <li>Average energy use per enterprise storage device will drop 7% by 2011</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>PUE ratio drops to 1.9 by 2011 for all space types because of improved technological and operation performance</li> </ul> |

Quelle: U.S. EPA 2007, 47.

**Anhang 5: Zusammenfassung der drei Alternativszenarien des EPA**

| Scenario           | IT Equipment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Site infrastructure systems                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Improved operation | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume server virtualization leading to a physical server reduction ratio of 1.04 to 1 (for server closets) and 1.08 to 1 (for all other space types) by 2011</li> <li>• 5% of servers eliminated through virtualization efforts are not replaced (e.g., legacy applications)</li> <li>• “Energy efficient” servers represent 5% of volume server shipments in 2007 and 15% of shipments in 2011</li> <li>• Power management enabled on 100% of applicable servers</li> <li>• Average energy use per enterprise storage drive declining 7% by 2011</li> </ul>                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PUE ratio declining to 1.7 by 2011 for all space types assuming:</li> <li>• 95% efficient transformers</li> <li>• 80% efficient UPS</li> <li>• Air cooled direct exchange system chiller</li> <li>• Constant speed fans</li> <li>• Humidification control</li> <li>• Redundant air handling units</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                               |
| Best practice      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderate volume server virtualization leading to a physical server reduction ratio of 1.33 to 1 (for server closets) and 2 to 1 (for all other space types) by 2011</li> <li>• 5% of servers eliminated through virtualization efforts are not replaced (e.g., legacy applications)</li> <li>• “Energy efficient” servers represent 100% of volume server shipments 2007 to 2011</li> <li>• Power management enabled on 100% of applicable servers</li> <li>• Average energy use per enterprise storage drive declining 7% by 2011</li> <li>• Moderate reduction in applicable storage devices (1.5 to 1) by 2011</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PUE ratio declining to 1.7 by 2011 for server closets and server rooms (using previous assumptions)</li> <li>• PUE ratio declining to 1.5 by 2011 for data centers assuming:</li> <li>• 98% efficient transformers</li> <li>• 90% efficient UPS</li> <li>• Variable-speed drive chiller with economizer cooling or water-side free cooling (in moderate or mild climate region)</li> <li>• Variable-speed fans and pumps</li> <li>• Redundant air-handling units</li> </ul>                                                                                |
| State-of-the-art   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aggressive volume server virtualization leading to a physical server reduction ratio of 1.66 to 1 (for server closets) and 5 to 1 (for all other space types) by 2011</li> <li>• 5% of servers eliminated through virtualization efforts are not replaced (e.g., legacy applications)</li> <li>• “Energy efficient” servers represent 100% of volume server shipments 2007 to 2011</li> <li>• Power management enabled on 100% of applicable servers</li> <li>• Average energy use per enterprise storage drive declining 7% by 2011</li> <li>• Aggressive reduction of applicable storage devices (~2.4 to 1) by 2011</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PUE ratio declining to 1.7 by 2011 for server closets and server rooms (using previous assumptions)</li> <li>• PUE ratio declining to 1.5 by 2011 for localized and mid-tier data centers (using previous assumptions)</li> <li>• PUE ratio declining to 1.4 by 2011 for enterprise-class data centers assuming</li> <li>• 98% efficient transformers</li> <li>• 95% efficient UPS</li> <li>• Liquid cooling to the racks</li> <li>• Cooling tower (in moderate or mild climate region)</li> <li>• Variable-speed fans and pumps</li> <li>• CHP</li> </ul> |

Quelle: U.S. EPA 2007, 53.

In der Reihe „Umwelt, Innovation, Beschäftigung“ sind bisher die folgenden Bände erschienen:

|       |                                                                                    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 01/07 | Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation |
| 02/07 | Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen        |
| 03/07 | Zukunftsmarkt Solarthermische Stromerzeugung                                       |
| 04/07 | Zukunftsmarkt CO <sub>2</sub> -Abscheidung und –Speicherung                        |
| 05/07 | Zukunftsmarkt Elektrische Energiespeicherung                                       |
| 06/07 | Zukunftsmarkt Solares Kühlen                                                       |
| 07/07 | Zukunftsmarkt Energieeffiziente Rechenzentren                                      |
| 08/07 | Zukunftsmarkt Biokunststoffe                                                       |
| 09/07 | Zukunftsmarkt Synthetische Biokraftstoffe                                          |
| 10/07 | Zukunftsmarkt Hybride Antriebstechnik                                              |
| 11/07 | Zukunftsmarkt Dezentrale Wasseraufbereitung und Regenwassermanagement              |
| 12/07 | Zukunftsmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft und Nanotechnologie                     |
| 13/07 | Zukunftsmarkt Stofferkennung und -trennung                                         |

Alle Veröffentlichungen können kostenlos auf [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de) heruntergeladen werden.