



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

Schlussbericht 20. Dezember 2011

---

# **KOMPETENZZENTRUM ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK 2009-2011**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer:**

CEPE (Centre for Energy Policy and Economics)  
ETH Zürich  
Zürichbergstrasse 18  
8032 Zürich  
[www.cepe.ethz.ch](http://www.cepe.ethz.ch)

**Autoren:**

Bernard Aebischer, CEPE, [baebischer@ethz.ch](mailto:baebischer@ethz.ch)

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Michael Moser  
**BFE-Programmleiter:** Roland Brüniger  
**BFE-Vertragsnummer:** SI/500028-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4	
Résumé		4
Abstract		5
Einleitung	6	
Ausgangslage und Zielsetzung	6	
Ergebnisse	7	
Abschluss des Kompetenzzentrums E+IKT	9	
Referenzen		10

**Anhang 1:** Zur Geschichte des Kompetenzzentrums Energie und IKT 1993-2011

**Anhang 2:** Jahresbericht 2011

**Anhang 3:** Jahresbericht 2010

**Anhang 4:** Jahresbericht 2009

## Zusammenfassung

Das Bundesamt für Energie hat seit 1993 zuerst die Forschungsgruppe Energieanalysen und ab 1999 das Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), beide an der ETH Zürich, mit der Führung des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik beauftragt. Das Kompetenzzentrum soll einen Beitrag zu einem rationelleren Energieeinsatz bei Informationstechnik und Unterhaltungselektronik leisten. Dazu wurden in erster Linie die relevanten Informationen im In- und Ausland gesammelt, aufbereitet und verbreitet. Daneben wurden umsetzungsorientierte Forschungsthemen analysiert und Forschungsprojekte evaluiert, konzipiert und teilweise selbst durchgeführt. Mit dem vorliegenden Schlussbericht für die Periode 2009-2011 endet die Aktivität des Kompetenzzentrums – zumindest in seiner heutigen Form. Die personellen Wechsel am CEPE einerseits und die gestärkte Kompetenz und internationale Vernetzung der Schweizer Akteure der Energieforschung im Bereich IKT andererseits haben das BFE zu dieser Entscheidung bewogen.

In der Berichtsperiode 2009-2011 wurden jährlich rund 50 Informationen per E-Mail an interessierte Stellen und Personen geleitet und etwa 15 mehr oder weniger komplexe Anfragen beantwortet. Die elektronische Literaturdatenbank [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) wurde um über 300 Neuzugänge ergänzt und weist heute einen Gesamtbestand von 1600 Einträgen auf. Die Expertentätigkeit konzentrierte sich auf die Bereiche Rechenzentren und Informationsgesellschaft. Diese Arbeiten wurden in 11 Vorträgen, 6 Medienbeiträgen und 2 Publikationen dokumentiert und verbreitet. Bei den Rechenzentren hat sich unser seit 2007 vertretener Ansatz für die Messung der Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur weltweit durchgesetzt.

Die Dienstleistungen des Kompetenzzentrums könnten in Zukunft verschiedentlich wahrgenommen werden: die Beratertätigkeit im Rahmen von EnergieSchweiz und die Sammlung/Aufarbeitung/Verbreitung von Informationen z.B. durch eine Stelle wie „Beauftragte für IKT“ in Deutschland [www.cio.bund.de](http://www.cio.bund.de). Im heutigen energiepolitischen Umfeld müsste die Expertentätigkeit verstärkt zu Fragen der Umsetzung der technischen Lösungen erfolgen und IKT als „Enabler“ von Energieeinsparungen in allen technischen Forschungsprogrammen des BFE thematisiert werden.

## Résumé

L'Office Fédéral de l'Energie (OFEN) a mandaté depuis 1993 d'abord le groupe de recherche Energieanalysen et par la suite le Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) de l'ETHZ de diriger le Centre de Compétence Energie et Technologies d'Information et de contribuer ainsi à une utilisation plus rationnelle de l'énergie dans les domaines des technologies d'information et de l'électronique grand public. Il effectue cette tâche, en grande partie, en rassemblant, structurant et disséminant, des informations pertinentes provenant de Suisse comme de l'étranger. Le centre est aussi actif au niveau de la recherche : il analyse des thèmes orientés vers la mise en pratique de connaissances théoriques et évalue, conçoit et réalise des projets de recherche. Avec le présent rapport se termine le mandat de l'OFEN. Des changements personnels au sein du CEPE d'une part et le renforcement des compétences et du networking international de l'OFEN et d'autres organisations en Suisse ont amené l'OFEN à cette décision.

Les trois dernières années on a transmis annuellement environs 50 informations par e-mail à des institutions et à des personnes intéressés et répondu à 15 requêtes demandant des recherches plus ou moins complexes. On a ajouté 300 titres à la banque de données [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) qui contient maintenant au total 1600 références de littérature. Les recherches se concentraient sur les centres de calculs et des aspects de la société de l'information. Ces activités sont documentées et ont été diffusées dans une diapositive de

conférences, dans six articles et interviews parus dans les médias auxquels nous avons contribué ainsi que dans deux publications. Notre approche pour la mesure de l'efficacité énergétique de l'infrastructure centrale des centres de calculs que nous avons défendue dès 2007 est finalement reconnue mondialement.

Nous sommes de l'avis que les services rendus jusqu'à présent par le Centre de Compétence pouvaient être repris ailleurs: les consultations dans le cadre du programme SuisseEnergie et la diffusion des informations par une institution telle que le préposé aux technologies d'information et de communication en Allemagne [www.cio.bund.de](http://www.cio.bund.de). Dans le cadre actuel de la politique énergétique en Suisse il nous semble opportun de renforcer les recherches dans les domaines de mise en pratique des solutions techniques et de favoriser l'approche « économies d'énergie avec les TIC » dans tous les secteurs économiques et activités quotidiens.

## Abstract

Since 1993 the Swiss Federal Office of Energy (SFOE) mandated first the research group Energieanalysen and in 1999 the Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) both at ETH Zurich to be in charge of the Competence Centre for Energy and Information Technology. The centre should contribute to a more rational use of energy in the field of ICT. For this purpose we primarily collect, edit and diffuse national and international information and news in this domain. Besides, we analyse practice-oriented research topics, we evaluate and conceive research projects and we do some own research. With the present report covering the period 2009-2011 the mandate comes to an end. Personal changes within CEPE and the grown capacity within the SFOE and its better integration in international activities are the main reason for this decision.

The main activities from 2009 to 2011 cover the annual transmission of roughly 50 information-e-mails to institutions and interested people, the handling of 15 more or less complex inquiries per year and the updating of the database [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) with 300 new titles bringing the total number of literature references to 1600. Research activities covered mainly questions related to energy use in data centres and to the Information Society. We gave more than ten presentations, contributed to six articles and interviews in the media and published two articles. With our lobbying in favour of a simple indicator measuring the energy-efficiency of the central infrastructure of data centres contributed to the worldwide adoption of PUE.

We believe that some of the activities undertaken in the past by the competence centre could be taken up in other frameworks: the consulting service in the newly developed framework of SwissEnergy, the diffusion of information by a body similar to „Beauftragte für IKT“ in Germany [www.cio.bund.de](http://www.cio.bund.de) and the research activities possibly by a new competence centre whose activities should be focused on the implementation of technical solutions and on the question how ICT could be used for energy savings in all domains of economy and everyday life.

# Einleitung

Mit dem vorliegenden Bericht schliessen wir das Forschungsprojekt Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik ab. Er beinhaltet die Aktivitäten in den Jahren 2009 bis 2011. Die Struktur ist ähnlich wie im letzten Bericht [1], der die Jahre 1999 bis 2008 zum Thema hatte: ein kurzer Überblick zu den Zielsetzungen und ausgewählten Ergebnissen. Detaillierte Informationen zu den Aktivitäten finden sich in den Jahresberichten 2009, 2010 und 2011, die als Anhänge 2 bis 4 diesem Schlussbericht beiliegen.

Das Bundesamt für Energie hat beschlossen, dass das Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik nach 18 Jahren Tätigkeit im kommenden Jahr nicht weiter geführt wird. Die Gründe für diesen Entscheid werden im abschliessenden Kapitel kurz dargestellt und kommentiert. Mit der Darstellung der Geschichte des Kompetenzzentrums ab 1993 im Anhang 1 wird versucht aufzuzeigen, warum das Kompetenzzentrum in der jetzigen Form nicht mehr notwendig ist, vielleicht aber eine neue Plattform mit dem breiteren Auftrag „IKT für Nachhaltigkeit“ sinnvoll wäre.

## Ausgangslage und Zielsetzung

Das Bundesamt für Energie hat Ende 2008 dem Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) an der ETH Zürich den Auftrag gegeben das Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik im bisherigen Rahmen für drei Jahre weiterzuführen. Von Seiten des CEPE war Bernard Aebischer weiterhin für das Projekt verantwortlich und von Seiten des Auftraggebers waren die Herren Roland Brüniger als Projektbegleiter und Michael Moser als zuständiger Bereichsleiter dabei. Mittels eines Unterauftrags wurde Herr Alois Huser, Encontrol AG, für die Organisation und Betreuung der jährlichen zwei Sitzungen der Trendwatch-Gruppe Energie und Informationstechnologien beigezogen.

Die Zielsetzung blieb gegenüber den früheren Jahren unverändert. Es geht um die Förderung eines rationelleren Energieeinsatzes beim Einsatz der Informationstechnik und beim Gebrauch der Unterhaltungselektronik. Da zu soll in erster Linie relevante Information gesammelt, aufbereitet und verbreitet werden. Neben den technischen Aspekten sind auch die sozio-ökonomische und die politische Seite zu berücksichtigen. Bei den Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik handelt sich um ein internationales Marktsegment und deshalb muss den Ereignissen und Aktivitäten im Ausland eine grosse Bedeutung beigemessen werden.

Dazu soll konkreter wie folgt vorgegangen werden:

1. Informationsbeschaffung: Lektüre von Tagespresse, elektronischen Newsletters, Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Publikationen, Verfolgung von spezialisierten Websites, Besuch von Seminarien und Konferenzen im In- und Ausland und Nutzung persönlicher Kontakte.
2. Informationsvermittlung und Beratung: Beantwortung von Anfragen, Infos per E-Mail an ausgewählte Personen, Aktualisierung der Literaturdatenbank [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch), Vorträge, Artikel, Publikationen.
3. Trend-Watch Gruppe: Betreuung der Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“. Dies beinhaltet die Organisation von jährlich zwei Treffen und die Protokollführung zu diesen Sitzungen.
4. Expertenaufgaben und Vorbereitung für Projektarbeiten: Schwerpunktmässig werden diese Arbeiten in den Bereichen Rechenzentren, Telekommunikation und Informationsgesellschaft erfolgen.

## Ergebnisse

Die Beschaffung, Aufbereitung und Weiterverbreitung von Informationen war die Haupttätigkeit des Kompetenzzentrums. Die Anzahl Informationen zum Thema Energie und IKT ist in den letzten Jahren gewaltig gestiegen. Umso aufwändiger wurde es, die wichtigsten Informationen auszusortieren. Die wichtigsten Publikationen wurden in die elektronische Literaturdatenbank [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) eingegeben. Mit den über 300 Neuzugängen in den Jahren 2009-2011 enthält diese Datenbank jetzt mehr als 1600 Einträge. Seit einigen Jahren können die meisten Dokumente elektronisch eingesehen werden. Viele Webadressen sind leider schon nach kurzer Zeit nicht mehr aktuell; eine ständige Überwachung und Anpassung übersteigt aber unsere Kapazität. Einige ausgewählte Neuigkeiten werden direkt an angesprochene Personen/Institutionen weitergesendet. Eine grössere Auswahl wird per E-Mail in unregelmässigen Abständen, ca. 50 Mails pro Jahr, an eine stetig wachsende Anzahl von Interessenten aus Industrie, Verwaltung, Gewerbe/Beratung und Nutzer/Betreiber von IKT verschickt. Der gelegentlich geäusserte Wunsch, die Infos in Form eines Newsletters weiter zu streuen oder in Form von Artikeln in Zeitschriften zu publizieren, ist im vorliegenden Budgetrahmen nicht möglich. Eine modernere Form des elektronischen Informationsaustausches, der insbesondere für eine aktive Partizipation attraktiver ist, sollte aber möglich sein. Die weiter geleiteten Informationen betrafen grösstenteils die Themen Geräte, Rechenzentren und Informationsgesellschaft.

Durchschnittlich erhielten wir jährlich 20 Anfragen mehrheitlich zu den Themen Energieeffizienz in Rechenzentren und Green IT. Unser Aufwand zu Beantwortung variiert sehr stark. Oft genügt ein Hinweis auf ein Dokument oder eine Website, gelegentlich – z.B. wenn es um das Konzept oder die Beurteilung einer Studenten- oder Forschungsarbeit geht – kann der Aufwand beträchtlich sein und wird dann als „Expertenaufgabe“ eingeordnet.

Das Kompetenzzentrum betreute im Auftrag des Forschungsprogramms „Elektrizitätstechnologien & -anwendungen“ bis im Frühjahr 2011 die zwei jährlichen Sitzungen der Trendwatch-Gruppe „Energie und Informationstechnologien“. Hier wurde vor allem der Informationsaustausch zwischen rund 15 eingeladenen Vertretern von IT-Industrie, Nutzern von IT, Verwaltung und Forschung über verschiedenste Aktivitäten und Neuigkeiten zum Thema Energie und IKT gepflegt. Seit Herbst 2011 ist die Trendwatch-Gruppe mit hochrangigen Vertretern der IT-Industrie erweitert worden und die Sitzungen finden jeweils mit Fokus auf ein ganz spezifisches Thema statt. Das Kompetenzzentrum ist dafür nicht mehr zuständig.

Die Expertenarbeit konzentrierte sich auf die Themen Energieeffizienz in Rechenzentren, Green IT und Stromverbrauch von IKT allgemein.

Im Bereich der Data Centres hat sich unser seit 2007 im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten für den Code of Conduct vertretener Ansatz für die Messung der Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur weltweit durchgesetzt. Dazu beigetragen hat das im Auftrag des Kompetenzzentrums von Maucoronel/Duc/Willers erarbeitete und auch auf Englisch übersetzte Messkonzept [2]. In einem Aufsatz „Energieeffizienz im Rechenzentrum“ [3] werden die Aktivitäten zur Förderung der Energieeffizienz in Rechenzentren seit den achtziger Jahren beschrieben. Es werden die heutigen Effizienzpotentiale dargestellt und laufende und geplante Massnahmen zu deren Ausschöpfung dargestellt und vorgeschlagen. In den letzten drei Jahren haben wir auf Einladung an 10 Anlässen einen jeweils aktualisierten und dem Zielpublikum angepassten Vortrag zum Stromverbrauch in Rechenzentren gehalten. Dazu haben wir z.B. die in den Rechenzentren der Schweiz möglichen Energiekosteneinsparungen auf über 200 Mio. Franken pro Jahr abgeschätzt und mittels Szenariorechnungen gezeigt, dass der Stromverbrauch der Rechenzentren trotz umfassender Konsolidierung/Virtualisierung und trotz substantieller Verbesserungen bei der zentralen Infrastruktur längerfristig steigen wird. Betrachtet man die Rechenzentren nicht isoliert sondern als Teil des gesamten Energiesystems, dann kann das Prinzip der Hochtemperaturkühlung eine nächste Generation von Effizienzverbesserungen ermöglichen und die Energiebilanz der Rechenzentren signifikant verbessern. In 6 Medienbeiträgen zum

Thema Energie und IT wurden wir zitiert oder konnten dazu Inputs liefern. Details zu den Vorträgen und Medienberichten finden sich in den Jahresberichten. Auf unsere Initiative hin wurde im Rahmen der Swiss IT Intelligence Community (Sitic) die ERFA-Gruppe „Infrastructure & Operations“ <http://www.sitic.ch/community/co-infra-op/> gestartet, wo insbesondere Fragen zum Betrieb und zur Energieeffizienz von Rechenzentren thematisiert werden. Zwei wichtige Ereignisse in der Schweizer Rechenzentren-Szene seien hier erwähnt, obwohl sie nichts mit dem Kompetenzzentrum zu tun haben: IBM hat im Frühjahr 2010 zusammen mit der ETH Zürich den mit 60 gradigem Warmwasser gekühlten Rechner Aquasar in Betrieb genommen und im Frühjahr 2011 wurde das Programm PUEA [www.pueda.ch](http://www.pueda.ch) gestartet, das Energieeffizienzverbesserungen bei bestehenden Rechenzentren mit einer Million Franken fördern will.

Vertieft behandelt wurde aber auch das Thema „Green IT“ im weiten Sinn: nicht nur „Green in IT“, sondern auch „Green mit IT“. Für einen Vortrag an der Hochschule Furtwangen [4] wurden beide Aspekte recht ausführlich recherchiert. Dabei zeigte sich beispielsweise, dass es sehr widersprüchliche Aussagen zur Frage nach der Bedeutung der „grauen“ Energie und Umweltbelastung der IT-Geräte gibt: Jönbrink et al. finden in einer Untersuchung [5] im Rahmen des EuP/ERP-Programms der EU, dass über den gesamten Lebenszyklus eines Desktopcomputers mit Röhrenbildschirm bei durchschnittlicher Büronutzung fast 90% des Energieverbrauchs in der Nutzungsphase anfallen; bei einem Laptop im Büro sind es noch rund 80% und bei einem Laptop in einem durchschnittlichen Haushalt etwas über 70%. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen (Annahme EU-Strom-Mix) werden laut Jönbrink [5] etwas weniger stark von der Nutzungsphase dominiert. Für Laptops im Büro sind es noch ca. 70%. Nach den Berechnungen von Apple [6] ist die Nutzungsphase viel weniger wichtig. Für Laptops im Büro berechnen sie die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Nutzungsphase auf weniger als 30% und mehr als 60% fallen bei der Herstellung und dem Vertrieb an. Olaf Willum [11] hat eine Literaturrecherche zum Energieverbrauch über den ganzen Lebenszyklus von IKT-Geräten in den Haushalten durchgeführt. Die Unsicherheiten im Energieverbrauch insbesondere bei der Herstellung und bei der Infrastruktur sind gross. Die Studien widersprechen sich teilweise. Aber über alle Studien gemittelt ergibt sich die Grössenordnung 1:1 der Verhältnisse (Energieverbrauch Herstellung + Entsorgung) : (Energieverbrauch im Haushalt).

Zu „Green mit IKT“ gibt es die wohlbekannte Aussage, dass mit IKT in allen Bereichen sehr viel mehr Energie eingespart werden kann, als beim Stromverbrauch der IKT selbst. Aus technischer Sicht ist diese Aussage zwar unbestritten aber zur Realisierung dieses Potentials braucht es einen Paradigmawechsel beim Einsatz von IKT. Nicht wie heute „Zeit sparen“ muss im Fokus sein, sondern „natürliche Ressourcen durch Information einsparen“ [10, 7]. Bei Abschätzungen der Auswirkung von neuen Arbeitsformen wie Home-Office oder Tele-Conferencing dürfen indirekte Auswirkungen nicht eingegangen werden. Die Anzahl Reisen haben sich mit der Verbreitung des Telefons auch nicht verringert.

Die Energieeffizienz der Rechner hat sich seit 60 Jahren um fast 40% pro Jahr verbessert, aber die elektrische Leistung der einzelnen Rechnertypen ist wegen der ebenso schnell wachsenden Rechenleistung der Geräte in etwa gleich geblieben. Der Stromverbrauch der IT wird deshalb weltweit wegen der Verbreitung der heutigen Geräte aber auch wegen neuen Geräten, Anwendungen und Dienstleistungen sicher weiter zunehmen. Ericsson erwartet in den kommenden 5 Jahren eine Verzehnfachung des weltweiten Datenverkehrs auf Mobilfunknetzen [8]. In den industrialisierten Ländern nimmt die Infrastruktur für den Betrieb von Internet und Mobilfunk eine immer wichtigere Rolle ein. Für die zukünftige Stromnachfrage von Rechenzentren in der Schweiz stellt sich deshalb auch die Frage, wie viele Data Centres hier gebaut werden, denn diese können zumindest theoretisch überall stehen und der Standort Schweiz ist attraktiv. Wichtig ist aber auch die Anzahl der Endgeräte (eins pro Person und nicht pro Haushalt!) und wie viele Stunden sie pro Tag aktiv genutzt werden. Noch kaum beachtet werden die steigende Anzahl der Spielkonsolen und der hohe Verbrauch der Grafikkarten. Zum Stromverbrauch der Endgeräte gelten auch für die Schweiz die grundsätzlichen Aussagen einer Studie für Deutschland [9].

## Abschluss des Kompetenzzentrums E+IKT

Das Bundesamt für Energie hat beschlossen, dass das Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik nach 18 Jahren Tätigkeit im kommenden Jahr nicht weiter geführt wird. Zwei hauptsächliche Überlegungen haben zu dieser Entscheidung geführt:

1. Der Abschied des langjährigen Projektbearbeiters (Bernard Aebischer hat sich pensionieren lassen) und die ungewisse zukünftige Orientierung des CEPE (Prof. Thomas Rutherford verlässt die ETH und die Nachfolge wird frühestens Mitte 2012 die Arbeit aufnehmen). Nach Einschätzung des BFE bedingt die Führung des Kompetenzzentrums E+IT einerseits ein umfassendes Kenntnis des Themenbereichs Energie und Informationstechnik und ein breites Interesse des Projektbearbeiters und andererseits ein berufliches Umfeld, das Synergien mit eigenen Forschungsarbeiten zu diesem Thema gewährleistet. Aus Sicht des BFE gibt es dafür im Moment keine Kandidaten und keine Forschungsstelle.
2. Energieeffizienz bei Informationstechnologien ist heute ein etabliertes Thema. „Green IT“ ist nicht nur eine PR-wirksame Modeströmung, sondern hat tatsächlich auch dazu beigetragen, dass die Industrie, Ingenieur- und Beratungsunternehmen und Fach- und Hochschulen diese Frage in Entwicklung und Forschung vermehrt bearbeiten. Das BFE selbst hat in den letzten Jahren durch die Mitarbeit in internationalen Gremien ein Wissenstand und ein Netzwerk aufgebaut, die die Beurteilung von sinnvollen nationalen Forschungsaktivitäten ermöglicht.
3. Seit Herbst 2011 ist die Trendwatch-Gruppe mit hochrangigen Vertretern der IT-Industrie erweitert worden und die Sitzungen finden jeweils mit Fokus auf ein ganz spezifisches Thema statt. Von dieser Gruppe erwartet das BFE Informationen aus erster Hand über laufende und geplante Aktivitäten und Vorschläge für gemeinsame Forschungsprojekte.

Ich kann diese Überlegungen weitgehend nachvollziehen. Es gibt auch nach meiner Sicht keine Forschungsstelle, welche das Thema „E+IKT“ umfassend und langfristig bearbeitet. Es gäbe zwar die Möglichkeit, die Aufgaben des Kompetenzzentrums einem Netzwerk von Experten zu übertragen. Dies wäre aber wohl nur bei einem deutlich höheren Budget möglich. Zum zweiten Punkt würde ich den Vorbehalt machen, dass eine externe, unabhängige und möglichst akademische Stelle eher in der Lage wäre, Impulse für innovative Forschungsprojekte zu geben. Aus dem „Energiekuchen“ im In- und Ausland sind vor allem kurzfristig wirksame lösungsorientierte Forschungsprojektvorschläge zu erwarten. Dabei könnten Themen, die nicht im Mainstream liegen oder die erst längerfristig relevant werden, übergangen werden. Vielleicht müsstest du solche Fragen aber auch in einem neuen Umfeld angegangen werden, z.B. in einem Kompetenzzentrum „IKT für Nachhaltigkeit“, wie im Abschlusskapitel von Anhang 1 skizziert.

# Referenzen

- [1] Aebischer B., 2008. BETREUUNG DES KOMPETENZZENTRUMS ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK 1999 - 2008. Schlussbericht. Bundesamt für Energie. 2. Dezember 2008.  
[www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009938.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009938.pdf)
- [2] Maucoronel, Duc, Willers, 2008. Standardized energy measurement concept for data centers and their infrastructures.  
[http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Measurement-concept\\_DCiE\\_10-2-09.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Measurement-concept_DCiE_10-2-09.pdf)
- [3] Aebischer B., 2009. Energieeffizienz im Rechenzentrum. Aufsatz in "Umwelt Perspektiven", April 2009, Illnau  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Energieeffizienz-Rechenzentrum\\_UmweltPerspektiven\\_04-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Energieeffizienz-Rechenzentrum_UmweltPerspektiven_04-09.pdf) und Literaturhinweise: [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Literaturhinweise\\_Energieanalyse\\_Energieeffizienz\\_RZ\\_29-3-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Literaturhinweise_Energieanalyse_Energieeffizienz_RZ_29-3-09.pdf)
- [4] Aebischer B., 2011. Green IT. Nachhaltige IT ist mehr als grüne PCs. Studium Generale, 19. Mai 2011. Hochschule Furtwangen University, Furtwangen. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Green-IT\\_19-5-11\\_pdf.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Green-IT_19-5-11_pdf.pdf)
- [5] Jönbrink A.K., 2007. Lot 3. Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors. Final Report (Task 1-8), 27. August 2007.  
<http://extra.ivf.se/ecocomputer/downloads/Eup%20Lot%203%20Final%20Report%20070913%20published.pdf>
- [6] Apple, 2011. Product Environmental Reports. [www.apple.com/environment/reports/](http://www.apple.com/environment/reports/)
- [7] Aebischer B., 2009. ICT and Energy: Some Methodological Issues. Short paper in "ERCIM News #79, Feature topic: 'Towards Green ICT'", p. 12-13. Sophia Antipolis Cedex, France, ISSN 0926-4981.  
<http://ercim-news.ercim.org/images/stories/EN79/EN79-web.pdf>
- [8] Ericsson, 2011. TRAFFIC AND MARKET DATA REPORT.. ON THE PULSE OF THE NETWORKED SOCIETY. November 2011 <http://hugin.info/1061/R/1561267/483187.pdf>
- [9] Stobbe L. et al., 2009. Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft. Bearbeitungsnummer I D 4 - 02 08 15 - 43/08. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Karlsruhe, März <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/abschaetzung-des-energiebedarfs-der-weiteren-entwicklung-der-informationsgesellschaft,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>
- [10] Spreng D., 1993. Possibility for Substitution between Energy, Time and Information. Energy Policy, Vol. 21, Nr. 1, January
- [11] Willum O., 2008. Residential ICT related energy consumption which is not registered at the electric meters in the residences. Willum Consult, Kopenhagen, Dänemark.  
<http://orbit.dtu.dk/getResource?recordId=223337&objectId=1&versionId=1>

## Anhang 1

# Zur Geschichte des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnologien 1993-2011

### Ein internationales Meeting als Katalysator für eine Fachstelle

Obwohl es beim vorliegenden Schlussbericht um die Aktivitäten des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnologien in den Jahren 2009 bis 2011 geht, gehen wir zum besseren Verständnis der Zielsetzung und der Aktivitäten dieses Zentrums auf die erste entsprechende Vereinbarung zwischen dem Bundesamt für Energie und der ETH im Jahre 1993 zurück. Darinerteilte das Bundesamt für Energiewirtschaft (heute Bundesamt für Energie) der Forschungsgruppe Energieanalysen an der ETH Zürich (diese Fg ist im Jahre 1999 im Centre for Energy Policy and Economics, CEPE aufgegangen) den Auftrag zum Aufbau und zur Führung einer Fachstelle zur Förderung des rationellen Energieeinsatzes in der Informationstechnik und der Unterhaltungselektronik. Schon damals war beiden Seiten klar, dass mit dem bescheidenen Budget die Zielsetzungen nicht erreicht werden können und deshalb weitere Finanzierungsquellen gesucht oder aber Synergien mit anderen Aktivitäten genutzt werden mussten. Wir haben uns damals im Einverständnis mit dem Auftraggeber für den zweiten Weg entschieden, wie aus dem folgenden Kasten ersichtlich ist.

Die Notwendigkeit, die Fachstelle zu schaffen, ist am internationalen Meeting "Rationeller Energieeinsatz in der Informationstechnik und in der Unterhaltungselektronik" vom 19. März 1993 an der ETH deutlich geworden. Diese Veranstaltung wurde von der Forschungsgruppe Energieanalysen (FgEA) organisiert und zusammen mit zwei anderen Autoren im "Miniwatt-Report" (siehe Publikationen) dokumentiert. Im Oktober wurde die Fachstelle institutionalisiert und die Ziele für 1993 waren denn auch in erster Linie eine verstärkte Fortführung der bisherigen Aktivitäten der FgEA im Spannungsfeld Energie - Informationstechnik/Unterhaltungselektronik. In den folgenden Kapiteln wird darauf verzichtet eine strenge Abgrenzung vorzunehmen zwischen den Aktivitäten, die durch die finanziellen Mittel der Fachstelle und durch andere Mittel der FgEA ermöglicht wurden.

Quelle: Aebischer B., 1993. Jahresbericht 1993 der Fachstelle zur Förderung des rationellen Energieeinsatzes in der Informationstechnik und der Unterhaltungselektronik

Anlass für dieses Meeting war die Publikation der Studie des BFE „Die heimlichen Stromfresser“, die unter der Leitung der Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG [1] von einem interdisziplinären Team aus zehn Firmen und Schulen ab Sommer 2001 erarbeitet und im Januar 1993 publiziert wurde. Diese Studie nutzt die Arbeiten, die im Rahmen des Impulsprogramms RAVEL entstanden, z.B. [2, 3]. Mit Unterstützung des U.S. Department of Energy wurde die Studie ins Englische übersetzt: „The Hidden Juice Guzzlers“ und machte die Arbeiten in der Schweiz weltweit bekannt.

Alle diese Arbeiten waren möglich,

1. weil das politische Umfeld - nach dem Verzicht auf das Kernkraftwerk Kaiseraugst und den EGES-Arbeiten - mit dem Volksentscheid für einen Energieartikel (1990) und der Verabschiedung durch das Parlament des Energie nutzungsbeschlusses des Bundesrates (1990) der effizienteren Nutzung von Elektrizität einen hohen Stellenwert zuordnete. Neben Ausbildung (RAVEL), Information und Beratung wurde der E2000-Label für Bürogeräte und Unterhaltungselektronik im Rahmen des Programms Energie 2000 zu wichtigen politischen Instrumenten.

2. Weil der Stromverbrauch der Computer durch die Untersuchung von Daniel Spreng [4] - etwa gleichzeitig mit verwandten Untersuchungen am LBNL in den USA – erstmals zu einem auch öffentlich diskutierten Thema gemacht wurde. Diese und spätere Untersuchungen zum Stromverbrauch der Computer [5-10] von Prof. Daniel Spreng und seinen Mitarbeitern in der Forschungsgruppe Energieanalysen waren die ersten energiewirtschaftlichen Publikationen zu diesem Thema in der Schweiz. International war die Gruppe mit den anderen weltweit führenden Forschern in diesem Bereich in den USA, in Schweden, in Frankreich, in den Niederlanden und in Dänemark sehr gut vernetzt.

## Die Aufgaben des Kompetenzzentrums im Wandel der Zeit

In der ersten Vereinbarung im Jahre 1993 wurden vier Aufgaben gestellt:

- Erarbeitung von Know-how,
- Verarbeitung und Aufbereitung von Know-how,
- Bereithalten von Know-how,
- Verbreiten von Know-how.

Das anvisierte Zielpublikum war vielfältig: Forschung (Leitung, Projektnehmer), Politik (Bearbeiter von Standards und Labels, Leiter und Projektnehmer von Evaluationsstudien), „Umsetzung“ (AG-Leitung E2000, Ressort-Leitung Ravel, Infel und EWs).

In dieser Zeit standen Fragen zum Standby-Verbrauch, zu neuen Technologien wie Laptops und Flachbildschirmen, zu den Energielabels für Geräte, zu politischen Instrumenten (z.B. Beschaffung innovativer Technologien) und zur Ausbildung von Fachleuten im Zentrum unserer Aktivitäten. Varone und Ambacher analysierten [11, 12] verschiedene politische Instrumente zur Förderung der Energieeffizienz bei IT-Geräten und verglichen sie mit solchen für Elektro-Geräte in den Haushalten.

Das Projekt „Fachstelle“ wurde dann im Jahre 1999 in einem neuen Vertrag umbenannt in Betreuung des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik, bis 2008 regelmäßig weitergeführt und im Herbst 2008 in einem dritten Forschungsvertrag „Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik“ auf Ende 2011 terminiert.

Die Aufgaben wurden 1999 umbenannt in

- Beschaffung, Aufbereitung und Weitervermittlung von Informationen
- Planung, Organisation und Durchführung von jährlich zwei Sitzungen ursprünglich einer Begleitgruppe und seit rund zehn Jahren der Trend-Watch-Group „Energie und Informationstechnologien“
- Punktuelle Abklärungen und Expertisen und prospektive Evaluationen von Forschungsaktivitäten.

Hervorzuheben ist, dass die Expertentätigkeit, die in den neunziger Jahren eher politik- und umsetzungsorientiert war, verstärkt auf die Energieforschung ausgerichtet wurde. Das hatte auch damit zu tun, dass sich der politische Schwerpunkt (Kyoto-Protokoll 1997, CO<sub>2</sub>-Gesetz 2000) weg von der Elektrizität hin zu den fossilen Energien verschoben hatte.

Mehrere der als relevant erkannten Forschungsprojekte wurden dann vom Projektleiter des Kompetenzzentrums, meistens in Zusammenarbeit mit unseren langjährigen Partnern von Encontrol, selbst bearbeitet: Automaten, Vernetzung im Haushalt, Netzgeräte, Energiedeklaration, IT-Ausbildung.

Im aktuellen Forschungsvertrag 2009-2011 sind die Expertenarbeiten schwerpunktmässig auf die Bereiche Rechenzentren, Telekommunikation und Informationsgesellschaft ausgerichtet. Diese Ausrichtung hat mehrere Gründe:

Die Fokussierung auf Rechenzentren ergab sich aus den im Rahmen der „Green-IT Bewegung“ gewachsenen vielfältigen Aktivitäten in diesem Bereich zuerst auf internationaler Ebene und später auch in der Schweiz. Mit dem in den achtziger und neunziger Jahren aufgebautem Know-how und der im Jahre 2003 abgeschlossenen Arbeit zur Energie- und Ökoeffizienz in Rechenzentren für den Kanton Genf [13] waren wir in einer hervorragenden Lage um auf internationaler Ebene, insbesondere im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten für den Code of Conduct für Data Centres, die Erfahrungen der Schweiz in die internationalen Aktivitäten (Code of Conduct, The Green Grid, Energy Star) einzubringen.

Die mobile Telekommunikation war Thema einer im Jahre 2008 abgeschlossenen Arbeit [14], die wir wissenschaftlich begleiten durften. Neben vielen interessanten Erkenntnissen hatte diese Studie auch neue Fragen aufgeworfen, die wir weiter verfolgen wollten.

Die Bedeutung der Informationsgesellschaft war schon in den achtziger Jahren ein wichtiges Forschungsthema. Im Rahmen der EGES-Arbeiten wurde ein Szenario Kommunikationsgesellschaft ausgearbeitet, das aufzeigte, dass durch einen gezielten Einsatz der neuen Informationstechnologien innerhalb von 40 Jahren im Vergleich zu einem „Business as usual“ Szenario 20% Wärme und 40% Strom eingespart werden können [15, 16]. In den Untersuchungen zu den Auswirkungen der Vernetzung im Haushalt zeigte sich dann, dass die bei weitem grössten Auswirkungen auf den Energie- und den Stromverbrauch ausserhalb des Hauses bei vielen alltäglichen Aktivitäten (Arbeit, Mobilität) anfallen könnten. Der eigentliche Katalysator waren aber unsere Beitreibungen am WSIS (2003-2005) und die Expertentätigkeit im Rahmen des Sectoral e-Business Watch der EU (2008/09) und des COST-Foresight 2030 (2009) wo wir die Sicht vom direkten Stromverbrauch der IKT auf die vielfältigen Auswirkungen von IKT auf die Umwelt und in allen Bereichen der Gesellschaft ausweiten mussten.

## **Braucht es ein neues Kompetenzzentrum IKT und Nachhaltigkeit?**

Vom bisherigen Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnologie wurden die folgenden Dienstleistungen erwartet:

1. Information und Beratung
  - a. Aktive Information und Beratung
  - b. Passive Beratung, d.h. Anfragen beantworten und bearbeiten
  - c. Internationale Vernetzung
2. Betreuung der Trendwatch-Gruppe
3. Expertisen, insbesondere ex-ante Evaluation von Forschungsprojekten und Vorschläge zuhanden der Leitung des Forschungsprogramms „Elektrizitätstechnologien & -anwendungen“ des BFE

Im Folgenden diskutieren wir aus unserer persönlichen Sicht, ob diese Aktivitäten weiterhin notwendig/sinnvoll sind und wie sie eventuell in veränderter Form, in einem anderen Rahmen und mit anderen Schwerpunkten weiter geführt werden könnten/sollten.

### Passive Information

Das Kompetenzzentrum beantwortete durchschnittlich 20 mehr oder weniger komplexe Fragestellungen pro Jahr ein. In den Anfangsjahren standen Fragen zum Standbyverbrauch und zu Labels im Zentrum; in den letzten Jahren waren es vor allem Anfragen zu „Green IT“

und zu Rechenzentren. Diese Beratungsfunktion sollte nach unserer Meinung in Zukunft im Rahmen von EnergieSchweiz erfolgen. Dazu ist aber ein signifikanter Ausbau der aktuellen Kapazität notwendig.

#### Aktive Information

Beantwortung von Fragen ist die passive Seite der Beratungstätigkeit. Das Kompetenzzentrum hat – wenn auch in beschränktem Mass - durch die Vermittlung von ausgewählten und teilweise aufbereiteten Informationen aktive Beratungsgarbeit geleistet. Ich bin der Meinung, dass die Bundesverwaltung – vielleicht in Zusammenarbeit mit der Industrie und mit Umweltorganisationen – eine aktive Informationsvermittlung an interessierte private und professionelle Kunden aufbauen sollte. Vielleicht könnte die „Beauftragte für IKT“ in Deutschland [www.cio.bund.de](http://www.cio.bund.de) als Vorbild dienen. Wichtig scheint mir, dass eine solche Stelle themen- und departementsübergreifend und umfassend (Energieeffizienz „in IKT“ und Energieeffizienz „mit IKT“) ist.

#### Internationale Vernetzung

Eine wichtige Funktion des Kompetenzzentrums war die Vernetzung mit Akteuren im Ausland. In den letzten Jahren ist das BFE selbst, Organisationen wie S.A.F.E. und eae aber auch Beratungsfirmen und Einzelpersonen international sehr viel aktiver geworden. Das hat mit der Globalisierung allgemein zu tun, aber auch mit der Annäherung der Politik an die EU und mit der Liberalisierung der Energiemärkte. Und nicht zuletzt ist die internationale Vernetzung dank den neuen Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten natürlich sehr viel einfacher geworden. Ich sehe einzig ein Problem bei der Koordination/Kommunikation zwischen diesen verschiedenen Akteuren.

#### Trendwatch-Gruppe

Das Kompetenzzentrum hat bis im Frühjahr 2011 die Sitzungen der Trendwatch-Gruppe betreut. Nach der erfolgten Neuorientierung der Trendwatch-Gruppe ist das Kompetenzzentrum dafür nicht mehr zuständig.

#### Expertisen

Viele wesentliche technische Forschungsfragen zum direkten Stromverbrauch von IKT sind heute entweder gelöst oder Organisationen und Forschungsprogramme in der Industrie oder auf internationaler Ebene, z.B. in der EU und im Rahmen der IEA, arbeiten daran. Dringend scheint uns aber die Erforschung von nicht-technischen Fragen zur Realisierung/Umsetzung der technischen Möglichkeiten einerseits und die vielen offenen Fragen zum Thema, wie die IKT zu Energieeinsparungen und generell zu einer besseren Nutzung der natürlichen Ressourcen in allen Bereichen des täglichen Lebens und der Wirtschaft beitragen kann. Das könnte z.B. dadurch gefördert werden, dass IKT als „Enabler“ von Energieeinsparungen in allen anderen technischen Forschungsprogrammen des BFE thematisiert wird und dass die Fragen der Umsetzung aus ökonomischer, sozialer, psychologischer, politikwissenschaftlicher und natürlich interdisziplinärer Sicht vertieft erforscht werden. Falls es weiterhin ein Kompetenzzentrum geben soll, das Inputs zu Forschungsfragen erarbeitet, dann müsste es nicht auf das technisch orientierte Forschungsprogramm „Elektrizitätstechnologien & -anwendungen“ beschränkt sein. Vielleicht kann die für Februar 2013 geplante internationale Konferenz „ICT for Sustainability“ [www.ict4s.ch](http://www.ict4s.ch) Ausgangspunkt für ein neues Kompetenzzentrum „Nachhaltigkeit in und mit IKT“ sein?

# Referenzen zum Anhang 1

- [1] Elektrowatt Ingenieurunternehmung et al., 1993. Die heimlichen Stromfresser. Standby-Verluste von Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten. Bundesamt für Energie. BEW-Schriftenreihe Nr. 51. Januar 1993.
- [2] Huser A., H. Eisenhut, E. Bush, 1992. Energieverbrauch von elektronischen Bürogeräten. Materialien zu RAVEL. Bundesamt für Konjunkturfragen, April 1992 → [www.energie.ch/bfk/index.htm](http://www.energie.ch/bfk/index.htm)
- [3] Strauss R., M. Hubbuch, Th. Arpagaus, 1992. Energierrelevante Aspekte von elektronischen Bürogeräten. Materialien zu RAVEL. Bundesamt für Konjunkturfragen, April 1992 → [www.energie.ch/bfk/index.htm](http://www.energie.ch/bfk/index.htm);
- [4] Spreng D., 1989. Personal Computer und ihr Stromverbrauch. Forschungsbericht Nr. 1/1989 der kre, INFEL, Postfach, 8021 Zürich, 1989.
- [5] Künzler B., 1990. Stromsparmassnahmen in einem grossen Rechenzentrum. Diplomarbeit. ETH Zürich.
- [6] Spreng D. und B. Aebischer, 1990. Computer als Stromverbraucher. Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 50, 13. Dezember 1990 <http://retro.seals.ch/digbib/view?rid=sbz-003:1990:108::850>
- [7] Spreng D., 1991. Computer as Energy Consumers. Energy Policy, Vol. 19, No. 7, September 1991
- [8] Weber L. und R. Moser, 1991. Energieverbrauchsanalyse von PC-Zentraleinheiten. Diplomarbeit. ETH Zürich
- [9] Weber L.. 1991. Energiesparen bei PC-Zentraleinheiten. Bulletin SEV/VSE, Vol. 82, No. 16, pp. 51–55.
- [10] Aebischer B., 1992. Zentrale Rechenanlagen. In "Strom rational nutzen" (RAVEL Handbuch, S. 67). Verlag der Fachver-eine. Zürich Mai 1992 [www.energie.ch/phocadownload/HANDBUCH.pdf](http://www.energie.ch/phocadownload/HANDBUCH.pdf)
- [11] Varone F. and B. Aebischer, 1999. From National Policies to Global Market Transformation: The Challenges of (International) Policy Design. In "Energy Efficiency and CO2 Reduction: The Dimensions of the Social Challenge". Proceedings of the 1999 ECEEE Summer Study, 1999 (ISBN: 2-86817-436-1) [www.eceee.org/conference\\_proceedings/eceee/1999/Panel\\_1/p1\\_25](http://www.eceee.org/conference_proceedings/eceee/1999/Panel_1/p1_25)
- [12] Varone F. and B. Aebischer B, 2001. Energy Efficiency: the challenges of policy design. Energy Policy 29, pp.615-629, 2001. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421500001567](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421500001567)
- [13] Aebischer B., Frischknecht R., Genoud Ch., Huser A. und Varone F. (2003). Energy- and Eco-Efficiency of Data Centers. Study commissioned by DIAE/ScanE of the Canton of Geneva, Geneva, January. [www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_data\\_centres\\_final\\_report\\_05012003.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_data_centres_final_report_05012003.pdf)
- [14] Corliano A. und M. Hufschmid, 2008. Energieverbrauch der mobilen Kommunikation. Bundesamt für Energie. Februar 2008. [www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009642.pdf&name=000000280030.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009642.pdf&name=000000280030.pdf)
- [15] Lutz Ch., Spreng D. et al., Szenario Kommunikationsgesellschaft, Schriftenreihe Nr. 15, Expertengruppe Energieszenarien, Bern, 1988
- [16] Aebischer B. et al., 1988. Perspectives de la demande d'énergie en Suisse, 1985-2025. Série de publications du GESE No 18. Office fédéral de l'énergie, Berne 1988

## **Anhang 2**

### **Jahresbericht 2011**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

Jahresbericht 20. Dezember 2011

---

# **KOMPETENZZENTRUM ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer:**

CEPE (Centre for Energy Policy and Economics)  
ETH Zürich  
Zürichbergstrasse 18  
8032 Zürich  
[www.cepe.ethz.ch](http://www.cepe.ethz.ch)

**Autoren:**

Bernard Aebischer, CEPE, [baebischer@ethz.ch](mailto:baebischer@ethz.ch)

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Michael Moser  
**BFE-Programmleiter:** Roland Brüniger  
**BFE-Vertragsnummer:** SI/500 153689

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.



## Zusammenfassung

Der Anteil der Rechner, der Bürogeräte und der Unterhaltungselektronik am gesamten Stromverbrauch in der Schweiz liegt heute bei etwa 5% [136], aber die meisten Mikroprozessoren (98% laut [161]) und anderen elektronischen Bauteile werden nicht in diesen Geräten sondern in allen anderen Anlagen, Geräten und Fahrzeugen in der Industrie, im Dienstleistungssektor, in den Haushalten und im Verkehrsbereich eingesetzt und verbrauchen auch Strom. Der tatsächliche Stromverbrauch der gesamten IKT liegt deshalb irgendwo zwischen 5% und vielleicht 10%. Weltweit werden viele Studien für einen rationelleren Elektrizitätseinsatz bei Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten durchgeführt und Massnahmen ergriffen, um diese Einsparpotentiale auch umzusetzen. Mehr und mehr verlagert sich aber das Interesse auf die Frage, wie mit einem gezielten Einsatz der Informations- und Kommunikationstechnologien der Energieverbrauch in allen Bereichen gefördert werden kann. Der Wissensstand und die Produkte verändern sich schnell, der Markt ist global und die Akteure vielfältig. Es ist aufwendig, informiert zu sein und die Übersicht zu bewahren.

Die Schweiz hat in den vergangenen Jahren im Bereich der rationellen Energienutzung bei Informations- und Kommunikationstechnologien weltweit eine führende Rolle gespielt und Einfluss genommen auf die Ausgestaltung internationaler und globaler Energiedeklarationen, freiwillige Vereinbarungen und Labels. Eine aktive Teilnahme an internationalen Aktivitäten und die Verbreitung der nationalen Aktivitäten im Ausland sind wichtige Voraussetzungen, auch in Zukunft in diesem Feld mitreden zu können. Eine internationale Zusammenarbeit erlaubt nicht nur Doppelspurigkeiten zu vermeiden und Synergien zu nutzen, sie ist unumgänglich, um in diesem Marktsegment wirkungsvoll Einfluss zu nehmen.

Das Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik leistet einen Beitrag zu einem rationelleren Energieeinsatz bei Informationstechnik/Unterhaltungselektronik. Dazu werden in erster Linie die relevanten Informationen im In- und Ausland gesammelt, aufbereitet und verbreitet. Daneben werden umsetzungsorientierte Forschungsthemen analysiert und Forschungsprojekte evaluiert, konzipiert und teilweise selbst durchgeführt.

Das Schwergewicht der Aktivitäten verlagerte sich im Jahren 2011 tendenziell verstärkt in Richtung „Informationsgesellschaft“ und „Energiesparen mit IKT“. Diese Entwicklung ist ein Zeichen dafür, dass in der Vergangenheit viele technische Fragen im Bereich der rationelleren Energienutzung bei den Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten, aber auch bei der Telekommunikation und den Rechenzentren, angegangen und zumindest teilweise gelöst wurden. Prioritär besteht heute Handlungsbedarf einerseits bei der Umsetzung dieser Erkenntnisse und andererseits beim Einsatz von IKT für eine rationellere Nutzung der Energie in allen anderen Anwendungen, beim Energiesparen mit Informations- und Kommunikationstechnologien.

## Projektziele

Das generelle Ziel dieses Projekts ist die Förderung eines rationelleren Energieeinsatzes beim Einsatz der Informationstechnik und beim Gebrauch der Unterhaltungselektronik. Dazu soll in erster Linie relevante Information gesammelt, aufbereitet und verbreitet werden. Neben den technischen Aspekten sind auch die sozioökonomische und die politische Seite zu berücksichtigen. Bei den Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik handelt sich um ein internationales Marktsegment und deshalb muss den Ereignissen und Aktivitäten im Ausland eine grosse Bedeutung beigemessen werden – nicht nur um Doppelspurigkeiten möglichst zu vermeiden, sondern auch um Synergien zwischen den Aktivitäten im In- und Ausland zu fördern.

Die Förderung der Energieeffizienz bei den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien durch möglichst konkrete Aktionen soll im Zentrum der Aktivitäten des Kompe-

tenzzentrums stehen. Für das Jahr 2011 hatten wir uns zum Ziel gesetzt einerseits die konzeptuellen Vorarbeiten für ein umfassendes Projekt zur Förderung der Energieeffizienz in Rechenzentren weiter zu führen, andererseits aber vermehrt im Bereich Informationsgesellschaft, respektive „IKT zum Energiesparen“ tätig zu sein.

## **Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse**

Die durchgeführten Arbeiten lassen sich in die Bereiche Informationsbeschaffung, Beratung und Informationsvermittlung, Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ und Expertenaufgaben und Vorarbeit für Projektarbeit aufteilen. Die Aufgabe, aus der Flut von Informationen die relevanten Punkte zu isolieren und aus einer Vielzahl von Details eine Übersicht zu gewinnen, ist der anspruchsvollste Teil der Arbeit. Dafür gibt es kein Rezept und es wird in diesem Bericht auch nicht versucht, unser Vorgehen zu beschreiben.

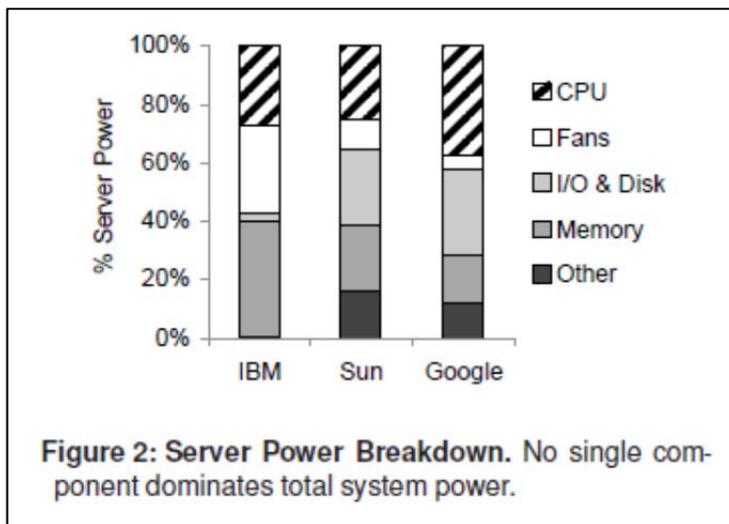
### **INFORMATIONSBESCHAFFUNG**

Neben der Lektüre von Tagespresse, elektronischen Newsletters, Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Publikationen, der Verfolgung von spezialisierten Websites und der Nutzung persönlicher Kontakte kann für das Jahr 2011 auf die folgenden speziellen Informationsquellen und Informationsbeschaffungsaktivitäten hingewiesen werden:

- Studienberichte, Papers und Artikel [1-97],
- Webseiten, insbesondere solche mit Downloads und weiterführenden Links [109-129],
- Konferenzen und Workshops [98-108].

Drei für Forschung und Politik interessante Studien werden hier kurz vorgestellt:

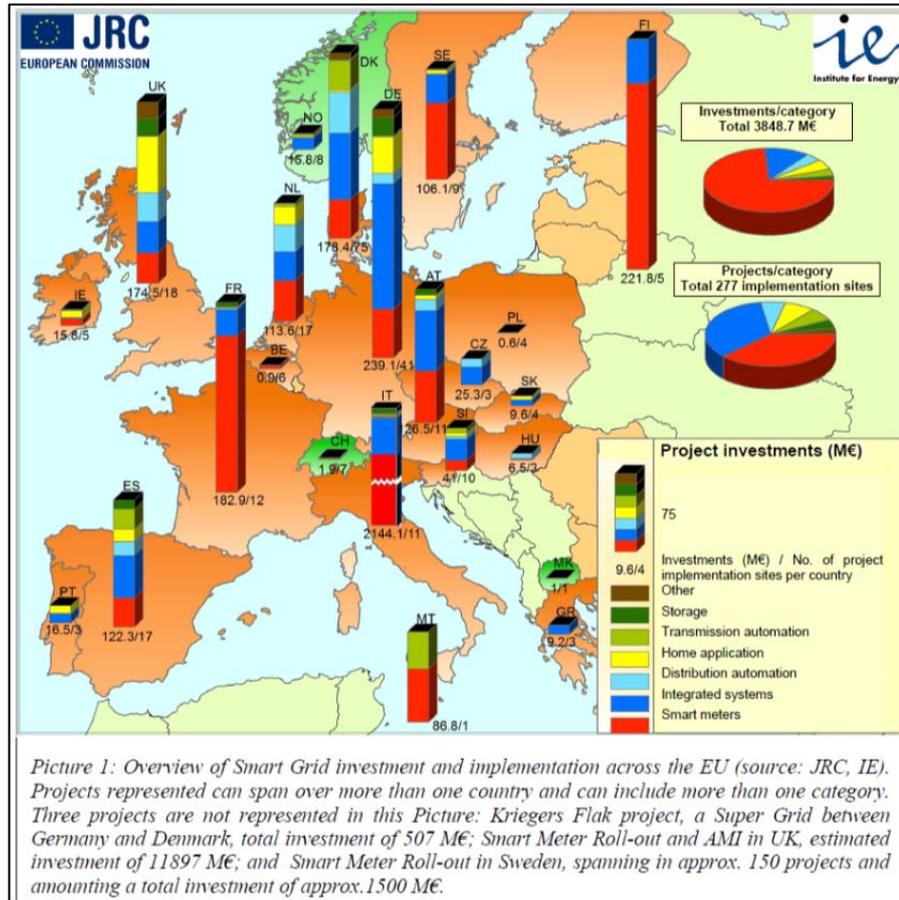
1. Meisner und Kollegen [65] schlagen in ihrem Paper „Power Nap: Eliminating Server Idle Power“ ein neues Konzept vor, wie der Stromverbrauch der Server um 75% reduziert werden kann. Dazu ist es notwendig, dass die Server innerhalb von wenigen Millisekunden in einen Stromsparmmodus und zurück geschaltet werden können, denn die Rechner sind im Mittel nur Sekundenbruchteile ungenutzt. Um dies zu ermöglichen muss ein neues Betriebssystem entwickelt werden und die Stromversorgung neu konzipiert werden. In diesem Artikel finden sich auch generell interessante Informationen zum Stromverbrauch der Server, z.B. typische Aufteilungen des Stromverbrauchs auf CPU, Lüfter, I/O und Disk, Speicher und weitere Verbraucher.



Figur 1: Aufteilung des Stromverbrauchs von typischen Servern. Quelle [65]

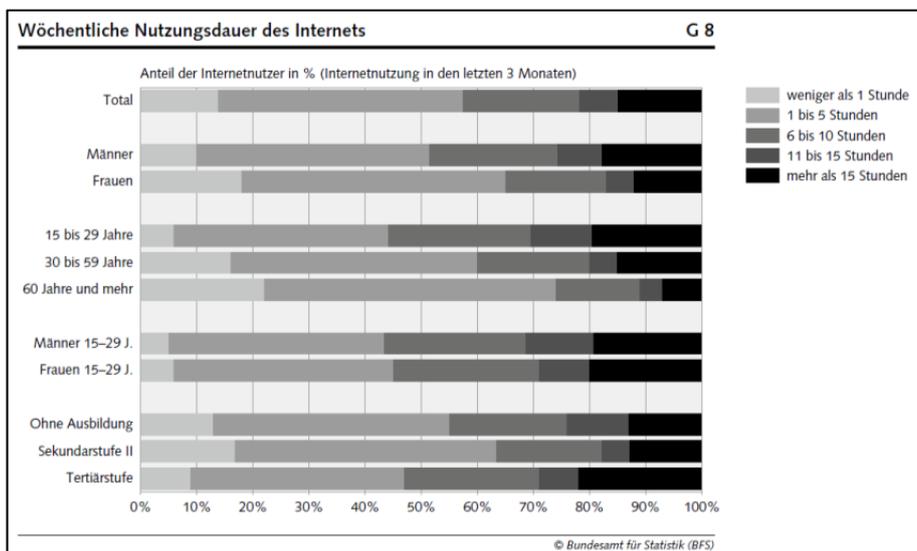
- In einem Dokument der Europäischen Kommission „Smart Grids: from innovation to deployment“ [25], wird ein Überblick über die Verbreitung von „Smart Grid“ in den verschiedenen Ländern der EU gegeben und Massnahmen zur Beschleunigung der Verbreitung von „Smart Grid“ angekündigt. An erster Stelle steht die Entwicklung von technischen Standards. Ebenso wichtig sind aber auch ein verbesserter Datenschutz und Rahmenbedingungen, welche den potentiellen Investoren eine langfristige Sicherheit geben.

Die folgende Abbildung zeigt die in den vergangenen 10 Jahren getätigten Investitionen in den EU-Ländern.

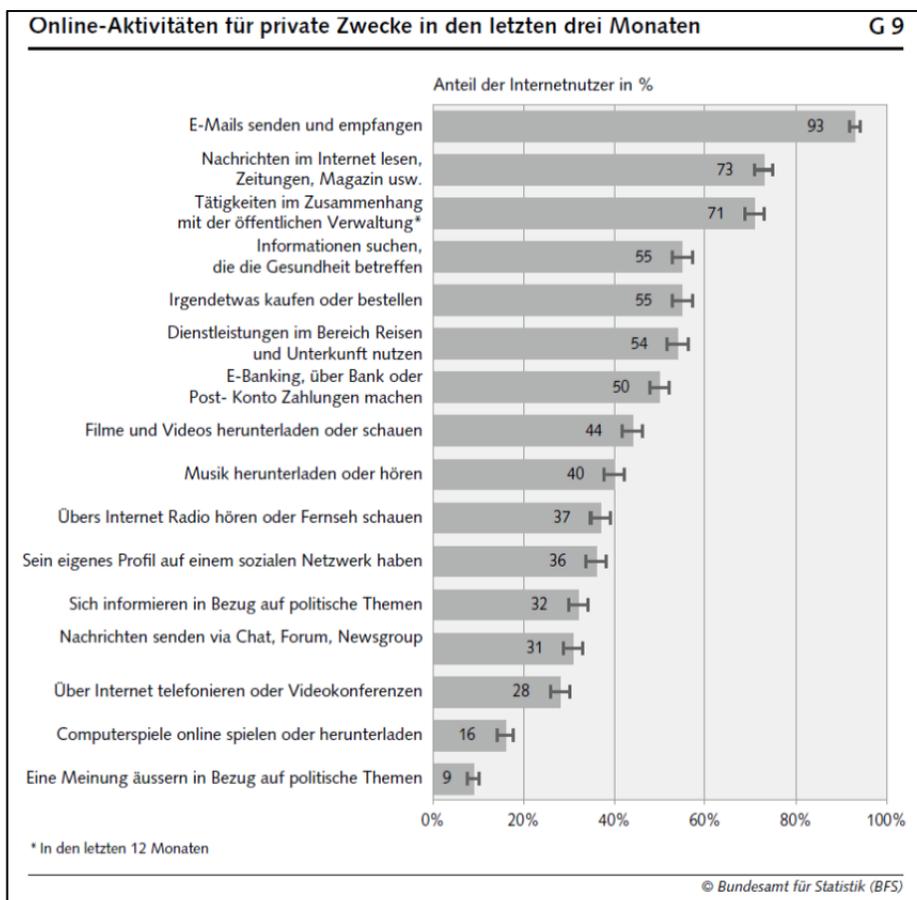


Figur 2: Investitionen innerhalb der letzten zehn Jahre in Smart Grid in den Ländern der EU. Quelle [25]

3. Die Publikation des BFS „Internet in den Schweizer Haushalten. Information, Kommunikation, Konsum, Reisen und Freizeit: Das Internet ist allgegenwärtig“ [31] hat zum Ziel, erste Ergebnisse der neuen Umfrage «Omnibus-Befragung IKT 2010» vom Mai 2010 zur Internetversorgung der Haushalte und zur privaten Internetnutzung zu präsentieren.



Figur 3: Wöchentliche Nutzungsdauer des Internets in der Schweiz. Quelle [31]



Figur 4: Online Aktivitäten für private Zwecke in der Schweiz. Quelle [31]

## **INFORMATIONSVERMITTLUNG UND BERATUNG**

Wir beantworteten über 15 Anfragen, die sich wie im letzten Jahr mehrheitlich auf Fragen zu „Data Centres“ und „Green IT“ bezogen.

Die Aufdatierung der elektronischen Literaturdatenbank [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) wurde von Matthias Hofer (CEPE) weitergeführt. Im vergangenen Jahr wurden 190 Dokumente neu aufgenommen. In dieser Datenbank sind die Publikationen des Bundesamtes für Energie nicht enthalten. Darum hier der Hinweis auf eine Liste mit allen Projekten des Forschungsprogramms „Elektrizitätstechnologien und –anwendungen“ zum Thema „Rationelle Anwendungen bei Informations- und Kommunikationstechnologien“ [110]. Zu all diesen Projekten gibt es Berichte, die herunter geladen werden können.

In unregelmässigen Abständen wurden verschiedenen Schweizer Akteuren und Interessenten im Bereich der elektrischen/elektronischen Geräte Informationen zu energie-wirtschaftlich und –politisch relevanten Ereignissen und Entwicklungen im Inland aber mehrheitlich im Ausland per E-Mail (über 50 Mails) übermittelt. Im folgenden Kapitel EXPERTENAUFGABEN UND VORARBEIT FÜR POJEKTARBEITEN sind einige wichtige Informationen aufgenommen.

In vier Vorträgen [130-132, 168] wird die vergangene und zukünftige Entwicklung des Stromverbrauchs von IKT (Informations- und Kommunikationstechnologien) allgemein und von Rechenzentren im Besonderen dargestellt. Der spezifische Energieverbrauch hat sich in der Vergangenheit gewaltig reduziert, wurde aber durch die intensivere Nutzung und durch neue Dienstleistungen längerfristig jeweils überkompensiert. Der Stromverbrauch der Server liegt auch in der Schweiz bei circa einem Prozent des Landesverbrauchs. Ebenso viel wird für die zentrale Infrastruktur (Stromversorgung und Wärmeabfuhr) der Rechenzentren und Serverräume verwendet.

Wir hatten Gelegenheit Inputs zu zwei Artikeln in der Tagespresse [133, 134] zu geben. Das Interesse des Redaktors und vor allem der Zeitdruck und die auf den Durchschnittsleser abgestimmte Länge der Artikel erlauben es aber kaum eine umfassende und ausgewogene Antwort auf die aufgeworfenen Fragen zu geben.

## **TRENDWATCH GRUPPE „ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNOLOGIEN“**

Alois Huser, Encontrol AG, hat im Rahmen des Kompetenzzentrums die Frühjahrssitzungen der Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ organisiert. Diese seit rund 10 Jahren stattfindende Zusammenkunft von Fachleuten ist eine Diskussionsplattform von Vertreter der Anbieter und Nutzer von Informations- und Kommunikationstechnologien einerseits und von Vertretern des Bundesamtes für Energie, von Beratungsfirmen und Hochschulen andererseits, zu verschiedenen Themen aus dem Bereich Energie und Informations- und Kommunikationstechnologien. Wurden früher auch laufende Forschungsprojekte begleitet und neue Forschungsrichtungen diskutiert, so dient die Trendwatch Gruppe heute vor allem dem Informationsaustausch. Die Herbsttagung der Trendwatch Gruppe wurde durch das Bundesamt für Energie selber organisiert, da damit eine Neuausrichtung und auch eine substantielle erweiterte personelle Besetzung verbunden war.

# EXPERTENAUFGABEN UND VORARBEIT FÜR POJEKTARBEITEN

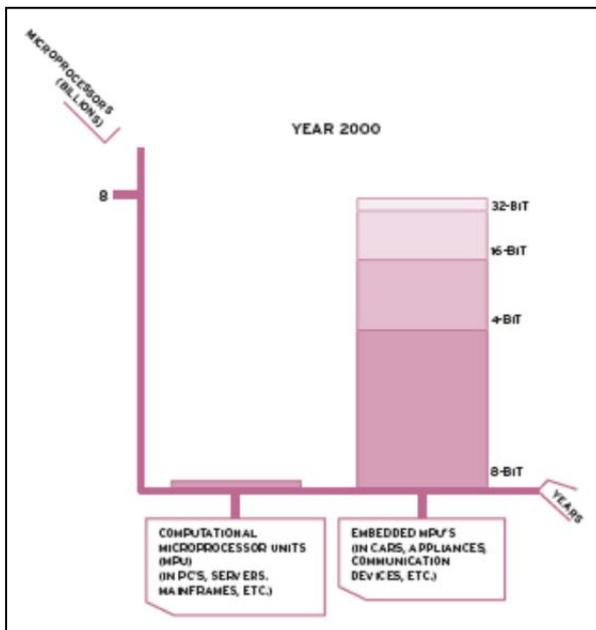
## IKT und Energie

Im Frühjahr 2011 haben wir uns mit der langfristigen Entwicklung von IKT im Allgemeinen und mit dem Energieverbrauch der IKT im Besonderen beschäftigt. Die folgenden Publikationen sind diesbezüglich besonders erwähnenswert:

1. Martin Hilbert and Priscila López, 2011. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. [1, 2].
2. Nordhaus, William D., 2002. The Progress of Computing. Nordhaus, 2007. Two Centuries of Productivity Growth in Computing [5].
3. Heebyung Koh and Christopher L. Magee, 2006. A functional approach for studying technological progress: Application to information technology. [3].
4. Feng Wu-chun, 2005. The Importance of Being Low Power in High-Performance Computing. [9].
5. Die Green500 List [129] und die TOP500 List [128].

### 1. Energieverbrauch der Mikroprozessoren

Eine Frage, die bis jetzt nicht beantwortet ist, betrifft den Energieverbrauch der Mikroprozessoren, die nicht in Rechnern, sondern „überall“ eingesetzt werden. Dies ist der Fall für mehr als 95% aller Prozessoren, wie die folgende Figur zeigt. In früheren Jahren machten wir die simple Annahme, dass der Stromverbrauch des durchschnittlichen Mikroprozessors, der „überall“ eingesetzt wird, 100-mal kleiner ist als der Stromverbrauch des durchschnittlichen Mikroprozessors in einem IT-Gerät. Damit wäre der gesamte Stromverbrauch der IKT rund doppelt so hoch wie der Stromverbrauch der IKT-Geräte allein, also etwa 10% des Gesamtstromverbrauchs in der Schweiz. In den letzten Diskussionen und Vorträgen haben wir diese „famosen“ 10% nicht mehr erwähnt, sondern nur darauf hingewiesen, dass der Stromverbrauch der gesamten IKT sicher höher ist als die 5% der IKT-Geräte [136, 168].



**Figur 5:** Vergleich der Anzahl Mikroprozessoren in Rechnern und in nicht-IT Geräten und Anwendungen. Quelle [161]

Die Anzahl sagt natürlich nicht viel aus. Aber kürzlich haben Hilbert und López eine Schätzung der Entwicklung der weltweiten Rechen-, Speicher- und Übertragungskapazität

für die Zeit von 1986-2007 präsentiert (Hilbert), die vielleicht als Basis für eine grobe Abschätzung des Stromverbrauchs dienen könnte. Hilbert und López betrachten eine Vielzahl von analogen und digitalen Technologien. Sie quantifizieren z.B. die Information, die in Buchform, auf Audiokassetten und auf Harddisks in PCs abgelegt ist. Und für die Rechenkapazität betrachten Sie sowohl Taschenrechner, PCs und Supercomputers, die vom Menschen flexibel bedient werden (general-purpose computing capacity), wie auch Mikrocontroller und Grafikprozessoren, die für ganz bestimmte Prozesse gebaut wurden (application-specific computing capacity). Alle Ergebnisse sind in den Tabellen S A-1 bis S A-4 im Anhang „Supporting Online Material for The World’s Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information“ (Anhang Hilbert) [2] zusammengefasst. Im Hauptdokument sind diese Ergebnisse grafisch dargestellt.

Die folgende Tabelle zeigt, dass die Rechenkapazität der Handrechner im Jahre 1986 diejenige der anderen „general purpose“ Rechner überstieg. In den folgenden Jahren verbreiteten sich dann die PCs sehr schnell und dominierte die Gruppe der general purpose Rechner klar. Auch im Jahre 2007 haben die PCs am meisten Rechenkapazität gefolgt von den Videogame Konsolen und deutlich zurück von den Mobiltelefonen/PDAs (Personal Digital Assistant) und Servern.

**Table S A-3: World’s technological installed capacity to compute information, in MIPS, for 1986, 1993, 2000 and 2007.**

		1986	1993	2000	2007
General-Purpose	Personal computers	9.85E+07	2.85E+09	2.48E+11	4.20E+12
	Videogame consoles	2.69E+07	2.77E+08	1.32E+10	1.61E+12
	Mobile phones/ PDA	0.00E+00	2.01E+07	9.25E+09	3.73E+11
	Servers and mainframe	5.12E+07	1.00E+09	1.72E+10	1.73E+11
	Supercomputers	1.03E+05	6.95E+06	2.12E+08	2.13E+10
	Pocket calculators	1.23E+08	2.68E+08	6.87E+08	1.92E+09
	<b>SUM</b>	<b>3.00E+08</b>	<b>4.43E+09</b>	<b>2.89E+11</b>	<b>6.38E+12</b>
Application-specific	Digital Signal Processors (DSP)	1.72E+07	1.03E+09	1.25E+11	2.01E+12
	Microcontroller Units (MCU)	3.89E+08	1.02E+10	3.69E+11	3.21E+12
	Graphic Processing Units (GPU)	2.70E+07	6.77E+09	9.54E+11	1.84E+14
	<b>SUM</b>	<b>4.33E+08</b>	<b>1.80E+10</b>	<b>1.45E+12</b>	<b>1.89E+14</b>

Source: authors’ own elaboration, based on Supporting Online Material: Material and Methods, Section E. Computation.

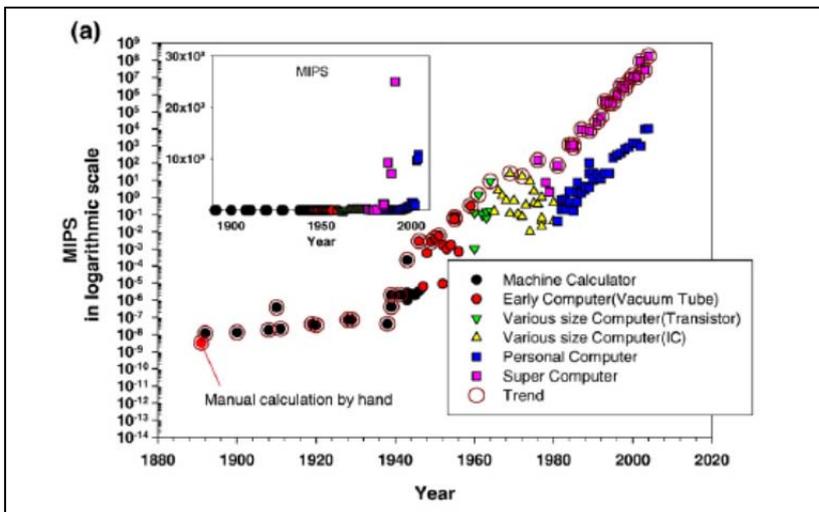
**Tabelle 1:** Weltweit installierte Rechenkapazität in den Jahren 1986, 1993, 2000 und 2007. Quelle [2]

Beachtenswert ist die Rechenkapazität der “application-specific” Einheiten, die insgesamt für alle Jahre höher ist als diejenige der „general purpose“ Rechner. Die führende Rolle der Mikrocontroller wird ab dem Jahre 2000 von den Grafikprozessoren übernommen. Diese GPUs werden zum grössten Teil in den PCs eingesetzt und somit ist offensichtlich, dass in den PCs (inklusive Grafikprozessoren) bei Weitem die meiste Rechenkapazität steckt.

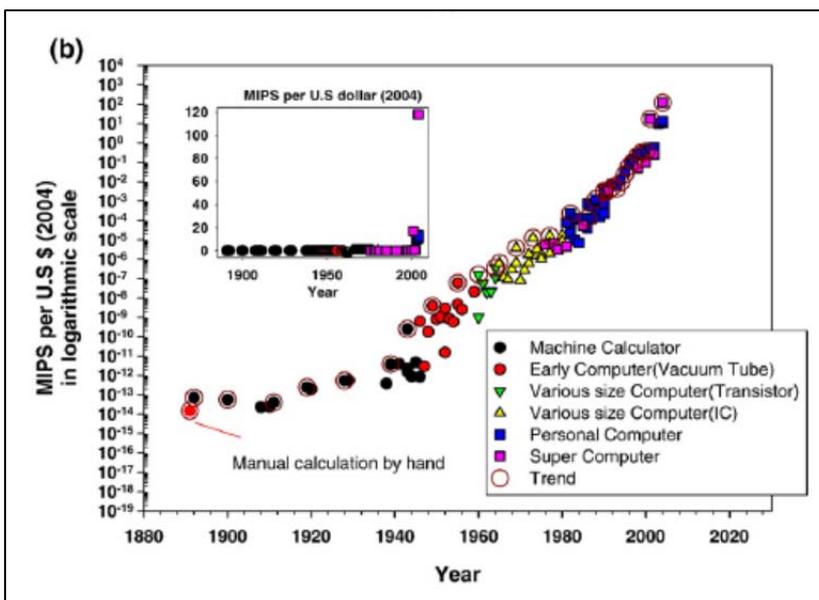
Zusammen mit Experten haben wir versucht, mit Hilfe dieser Informationen unsere qualitative Aussage zum Stromverbrauch aller elektronischen Bauteile, die überall eingesetzt werden, etwas zu präzisieren. Es zeigte sich aber, dass dazu sehr viel mehr Informationen notwendig sind. Trotzdem erlaubt diese obige Zusammenstellung darauf hinzuweisen, dass die Grafikkarten allgemein und die Spielkonsolen im Besonderen potentiell sehr grosse Stromverbraucher sind.

## 2. Entwicklung der Rechenkapazität und der spezifischen Kosten der Rechner

In zwei höchst interessanten Publikationen, Nordhaus (2002) [4] und eine aktualisierte Version Nordhaus (2007) [5], wird die Entwicklung der Rechenkapazität und der spezifischen Kosten der Rechner von 1850 bis 2006 beschrieben. Für die Jahre nach 1990 betrachtet Nordhaus ausschliesslich kleine Computer, insbesondere PCs, und schliesst die grossen Computer, Supercomputers, aus. Die Rechenkapazität misst Nordhaus in CPS (computations per second). Koh und Magee (2006) [3] unternahmen eine ganz ähnliche Studie wie Nordhaus, betrachten aber neben der Rechenkapazität explizit die Speicher- und Übertragungskapazität. Sie berücksichtigen auch Grossrechner und verwenden als Mass für die Rechenkapazität den gebräuchlicheren Indikator MIPS (millions of instructions per second). Da wir für die weiter unten präsentierten Überlegungen zum spezifischen Stromverbrauch insbesondere auf Daten von Grossrechnern, die den Indikator MIPS verwenden, zugreifen, beschränken wir uns hier im Weiteren darauf, die Ergebnisse von Koh und Magee zu beschreiben. Die Entwicklung der Rechenkapazität der Rechenmaschinen und die entsprechende Rechenleistung pro US-Dollar sind aus den zwei folgenden Abbildungen ersichtlich.



Figur 6: Entwicklung der Rechenleistung pro Sekunde in den Rechnern von 1890 bis 2006. Quelle [3]



Figur 7: Entwicklung der Kosten der Rechenleistung pro Sekunde in den Rechnern von 1890 bis 2006. Quelle [3]

Die folgende Tabelle fasst den von Koh und Magee gemessenen technischen Fortschritt für die Größen Speicherung, Übermittlung und Rechnung und für die entsprechenden Größen pro Kosteneinheit für die Perioden 1890-2004 und 1940-2004 zusammen.

Operation	Functional performance metric				
	Name	Whole period		1940–present	
		$R^{2*}$	Annual progress <sup>a</sup> (%)	$R^{2*}$	Annual progress <sup>a</sup> (%)
Storage	Amount of information per unit volume	0.92	20.8±1.6	0.93	26.1±2.2
	Amount of information per unit cost	0.94	26.2±3.1	0.87	26.8±4.9
Transportation	Bandwidth	0.88	18.9±2.7	0.90	34.7±4.9
	Bandwidth per Cable length per unit cost	0.88	19.1±2.8	0.92	33.3±4.3
Transformation	Calculations per second	0.94	36.8±2.7	0.96	41.5±2.4
	Calculations per second per unit cost	0.95	30.9±2.5	0.95	37.3±4.7

$R^{2*}$  is rounded off to the second decimal place.  
<sup>a</sup> The annual progress and error were estimated in 95% confidence interval.

**Tabelle 2:** Technischer Fortschritt für die Größen Speicherung, Übermittlung und Rechnung und für die entsprechenden Größen pro Kosteneinheit für die Perioden 1890-2004 und 1940-2004. Quelle [3]

Bei der Interpretation und Verwendung dieser Ergebnisse ist darauf zu achten, dass Koh und Magee die logarithmische Wachstumsrate (den Koeffizienten  $k$ ) und nicht die arithmetische Wachstumsrate (den Koeffizienten  $a = \text{CAGR}$ ) ausweisen. Der Zusammenhang zwischen  $k$  und  $a$  ist wie folgt:

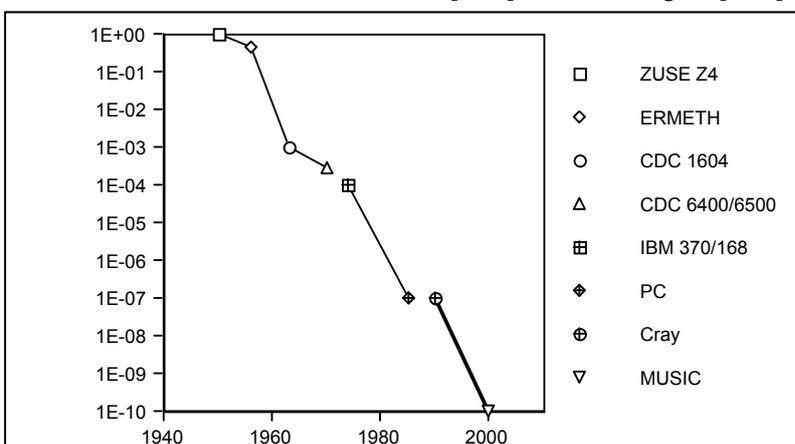
- $k = \ln(1+a)$
- $a = \exp(k) - 1$

So entspricht die logarithmische technische Fortschrittsrate für Berechnungen (Transformation) ( $k=0.415$ ) einer durchschnittlichen arithmetischen Verbesserung pro Jahr von 51% ( $a=\text{CAGR}=0.51$ ).

Bemerkung: es scheint mir erwähnenswert, dass keine der Studien von Hilbert/Lopez, Nordhaus, Koh/Magee eine andere dieser drei Studien zitiert.

### 3. Elektrische Leistung pro Rechenleistung und Stromverbrauch der Rechner

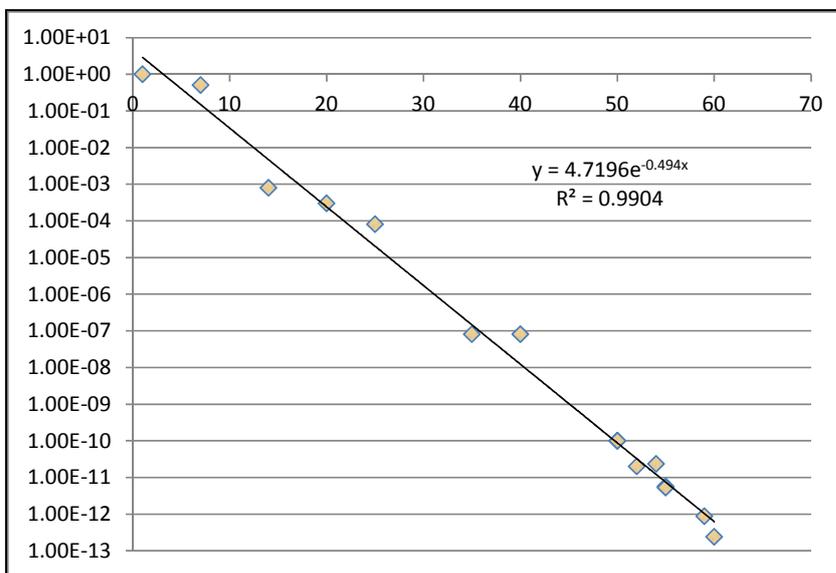
Die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs pro Recheneinheit wurde bereits vor 15 Jahren im Rahmen einer Arbeit zum Stromverbrauch im Dienstleistungssektor anhand von Daten für Computergenerationen abgeschätzt und in einem Artikel von Aebischer/Mutzner/Spreng im Jahre 1994 [162] publiziert (siehe folgende Abbildung) und seither in mehreren Publikationen [163] und Vorträgen [164] verwendet.



**Figur 8:** Relative Entwicklung des spezifischen Strombedarfs von Computergenerationen. Direkt vergleichbar sind nur die mit einem Strich verbundenen Beispiele. Quelle [162]

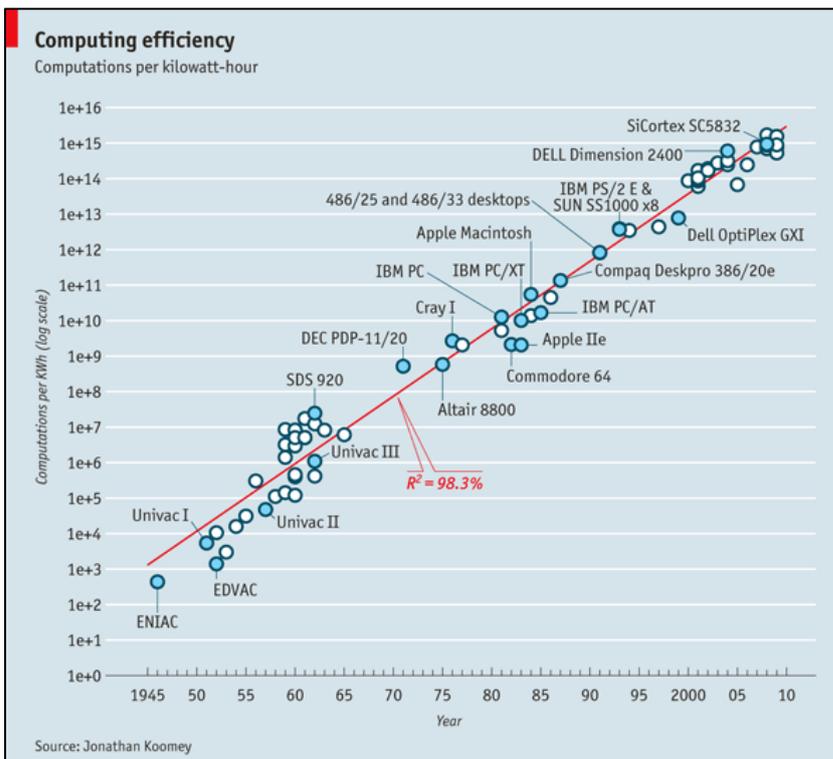
Basierend auf diesen (wenigen) Daten aus der Periode 1950 bis 2000 wurde die jährliche Veränderung des Stromverbrauchs pro Recheneinheit (z.B. MIPS) auf -37%/Jahr geschätzt, was etwa einer Reduktion des Stromverbrauchs pro MIPS um einen Faktor 100 in 10 Jahren entspricht.

Mit Daten aus der Publikation von Feng Wu-chun (2005) [9] und aus den zwei Listen Green500 [129] und Top500 [128] haben wir im Frühjahr 2011 diese Datenbasis erweitert und bis 2010 nachgeführt. Das Ergebnis ist aus der nächsten Abbildung ersichtlich: der spezifische Stromverbrauch von 1950 bis 2010 kann sehr gut ( $R^2=0.99$ ) mit der Exponentialfunktion  $4.7196 * \exp(-0.494 t)$  beschrieben werden. Die logarithmische Reduktionsrate ( $k=-0.494$ ) entspricht einer durchschnittlichen arithmetischen Reduktion pro Jahr von -39%/Jahr ( $a=CAGR=-0.39$ ), was sehr nahe bei der ersten Schätzung von -37%/Jahr aus dem Jahre 1994 liegt. Das Ergebnis dieser Aktualisierung wurde erstmals in einem Vortrag in Furtwangen [132] öffentlich präsentiert.



**Figur 9:** Relative Entwicklung des spezifischen Strombedarfs von Computergenerationen zwischen 1950 (Wert auf der x-Achse =0) und 2010 (Wert auf der x-Achse =60). Quelle [132]

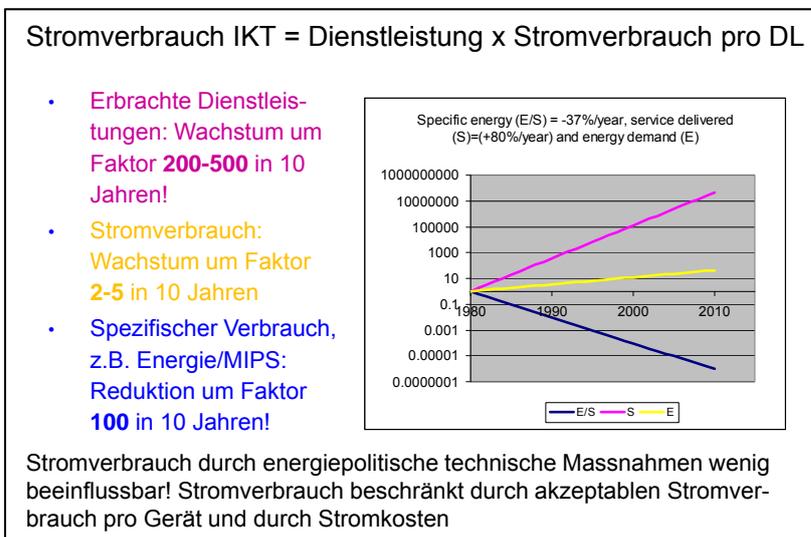
In einer kürzlich publizierten Studie von Koomey et al. (2011) [10], die zum Teil die gleichen Datenquellen benutzt, wurde das Inverse zur Entwicklung des spezifischen Stromverbrauchs pro Rechnerleistung, nämlich die Entwicklung der Rechenleistung pro Stromverbrauch, geschätzt (nächste Abbildung). Die logarithmische Wachstumsrate beträgt hier  $k=0.44$ . Das entspricht einer durchschnittlichen arithmetischen Reduktion des spezifischen Stromverbrauchs von -36% pro Jahr, ein Wert der nicht schlecht mit unserer Abschätzung übereinstimmt. In einem Vortrag in Brüssel [168] wurden unsere Abschätzungen mit denen von Koomey verglichen.



Figur 10: Entwicklung der Rechenleistung pro Stromverbrauch der Computer zwischen 1945 und 2010. Quelle [11]

Dass das Wachstum der Rechenkapazität ( $k=0.415\pm 2.4$ ) und die Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs ( $k=-0.494$ ) von der gleichen Größenordnung sind, ist natürlich nicht ein Zufall: Der typische Stromverbrauch der verschiedenen Rechnertypen, gegeben durch das Produkt der zwei Größen, liegt in einem recht engen Bereich: für PCs zwischen 10 W und 100 W, für Server zwischen 100 W und 1kW und für Supercomputer zwischen 10 kW und 1 MW. Würde der spezifische Verbrauch plötzlich schneller sinken, würde wohl die Rechenkapazität der Rechner, vielleicht mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung, schneller steigen.

Auch wenn die elektrische Leistung der Geräte vom gleichen Typ konstant ist, steigt der Stromverbrauch immer noch, weil die Geräte länger aktiv genutzt werden (Tendenz „always on“) und teilweise auch intensiver (höhere Nutzung der Rechenkapazität) genutzt werden. Und der Stromverbrauch aller Geräte steigt wegen der globalen Diffusion der Geräte und den stetig neuen Dienstleistungen und Gerätetypen.



Figur 11: Schematische Darstellung des Stromverbrauchs der IKT. Quelle [132]

Dieser Wachstumstrend des Stromverbrauchs von IKT kann durch technische politische Massnahmen kaum beeinflusst werden. Massnahmen wie die Einführung und Nutzung eines effizienten Powermanagements (Eliminierung der Standby-Verluste) oder die Effizienz-erhöhung bei der Infrastruktur der Rechenzentren können die Wachstumskurve um einige Jahre verschieben und verglichen mit dem Trendszenario grosse Energieeinsparungen bringen, aber die längerfristigen Wachstumsraten wird dadurch nicht wirklich signifikant kleiner.

## Informationsgesellschaft

Unter dem Titel „Informationsgesellschaft“ stehen hier die Potentiale und Strategien, was und wie IKT zu einer nachhaltigen und insbesondere energieeffizienten Gesellschaft beitragen kann, im Zentrum der Überlegungen. In den achtziger Jahren wurde dazu z.B. im Rahmen der EGES-Arbeiten das Kommunikationsszenario erarbeitet [138, 139]. In letzter Zeit wurden zu diesem Thema im In- und Ausland wichtige Arbeiten durchgeführt. Das Thema „smart metering“ zählen wir dazu.

Im Jahre 2008 hat die Global e-Sustainability Initiative (GeSI) die oft zitierte Studie „Smart 2020: Enabling the low carbon economy in the information age“ publiziert [140]. Ende 2009 wurde ein ergänzender Bericht „SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz“ publiziert [142]. Die Studie zeigt eine Vielzahl von Massnahmen zur Ausschöpfung der theoretischen Potentiale zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen mittels IKT. Das Executive Summary schliesst mit „Es liegt nun an den Unternehmen und der Regierung, gemeinsam an einem Strang zu ziehen, um die zukunftsweisenden Geschäftskonzepte aufzugreifen und in die Tat umzusetzen. Nur so kann das gemeinsame Ziel einer Bekämpfung des Klimawandels erreicht werden.“

Die Bedeutung und Entwicklung der IT-Industrie weltweit und insbesondere in der Schweiz wurden im vergangenen Jahr verschiedentlich dokumentiert und diskutiert. Einen sehr lesenswerten Überblick, wie die Informatik die Welt verändert hat, findet sich in dem von Stefan Betschon redigierten Heft Nr. 45 in der Reihe NZZ Fokus [38]. Der Artikel „Drehscheibe der Daten“ von Volker Richert [57] geht der Frage nach warum aktuell in der Schweiz so viele neu Data Centres gebaut oder geplant werden und „...ob die angekündigten oder im Bau befindlichen Rechenzentren-Kapazitäten in der Schweiz ab 2012 eine Blase bilden - und ob dies ein Rechenzentrensterben unter den nicht oder wenig spezialisierten Anbietern zur Folge haben könnte.“ Einen Einblick in die Frage nach dem Wachstum der IT-Industrie geben zwei weitere interessante Beiträge, einmal aus makro- und das andere Mal aus mikro-ökonomischer Sicht:

1. Im Beitrag von Christiane Hanna Henkel in der NZZ [22] wird diesem Thema mit der übergeordneten Frage nach einer neuen Dotcom-Blase nachgegangen. Die Analyse zeigt, dass aktuell höchstens bei Social Networks eine solche Entwicklung droht und dass dadurch auch im schlimmsten Fall kaum andere Branchen oder sogar der Konjunkturverlauf betroffen würden.

2. Die Präsentation des „Weissbuchs“ von Robert Weiss [12] wurde in der Tagesschau und in vielen Printmedien dokumentiert und kommentiert. Dazu zwei Auszüge:

- Daniel Bader [13] schreibt auf Computerworld.ch: „... Wachsendes Business Segment... Musste der Business-Markt 2009 noch eine Reduktion von 20 Prozent (bei den Stückzahlen sogar um 27 Prozent) hinnehmen, stieg er 2011 beim Umsatz um 6 Prozent (Stückzahlen 10,1 Prozent) erfreulicherweise wieder an, so Robert Weiss. Als Gründe für diese positive Entwicklung nannte Weiss die steigende Investitionsbereitschaft, den wirtschaftlichen Aufschwung sowie der beschleunigte Wechsel hin zu Windows-7-Systemen.“ ... „Vor allem der Server-Markt konnte in nahezu allen Bereichen zulegen: So ist der Umsatz um 34 Prozent von 430 auf 576 Millionen Fran-

ken gestiegen, vor allem aufgrund der höheren Durchschnittspreise. Weiss nannte als Gründe für den Umsatzanstieg die steigende Anzahl an Virtualisierungslösungen in Unternehmen. Diese, so Weiss, verlangen als Folge, nach stärkeren Prozessoren sowie einer Aufstockung an Arbeitsspeicherkapazitäten. Mit einem Marktanteil von 58,4 Prozent wird dieses Segment der x86-basierenden Server-Systeme von HP dominiert. IBM, Dell und Fujitsu folgen auf den weiteren Plätzen.“

- Michel Vogel schreibt im Swiss IT Magazin [14]: „Besonders ins Auge sticht dabei der Server-Markt (x86). Im Vergleich zum Vorjahr haben die Server-Hersteller ihren Umsatz in der Schweiz um 34 Prozent steigern können. Gemäss Weiss haben Unternehmen aufgrund der fortschreitenden Virtualisierung 2010 vermehrt in neue, leistungsfähigere Server investiert.“

Der Interdepartementale Ausschuss Informationsgesellschaft (IDA IG) hat den Jahresbericht 2010 publiziert [26]. Im Kapitel 4.2.5 IKT und Nachhaltige Entwicklung wird auch auf den Bericht von von Stokar et al. „IKT und Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz“ [143] verwiesen, den ich im Jahresbericht 2010 des Kompetenzzentrums kurz vorgestellt habe. Es wird auch Bezug genommen auf das vom Bundesrat verabschiedete Aussprachepapier „Grüne Wirtschaft“, das gemeinsam vom EVD und vom UVEK erarbeitet wurde. Klima- und ressourcenschonende Technologien sollen in Zukunft vermehrt gefördert werden. Zu diesem Ziel soll ein Masterplan Cleantech (siehe Kapitel 4.3.4 weiter unten) beitragen [15]. Hier findet sich das Faktenblatt 1 „Sechs Handlungsfelder für eine Grüne Wirtschaft“ wo die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnologien für die Erhöhung der Ressourceneffizienz hervorgehoben wird. Um die Rahmenbedingungen für eine grüne Wirtschaft zu verbessern, hat der Bundesrat in diesen sechs Handlungsfeldern vertiefende Arbeiten an die Departemente UVEK, EVD, EFD und EDI in Auftrag gegeben. Das UVEK, in Zusammenarbeit mit dem EVD, soll konkret aufzeigen, welche Möglichkeiten für eine Erhöhung der IKT Ressourceneffizienz bestehen und die Grundlagen für die Umsetzung von Massnahmen erarbeiten [16]. Dabei wird explizit die Ressourceneffizienz der Wirtschaft generell erwähnt, z.B. durch effizientere Produktionsprozesse oder den Ersatz von Geschäftsreisen durch Videokonferenzen. Im Kapitel 4.3.4 Wirtschaft (E-Economy u.a.) wird auf die Website „Go4Cleantech – eine Initiative des Bundes“ [www.cleantech.admin.ch](http://www.cleantech.admin.ch) hingewiesen. Hier findet sich auch ein Link auf den kürzlich von der UNEP publizierten Green Economy Report „Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication“ [17]. Für etwas eiligere Leser eignet sich der Zusammenfassende Bericht für Policy Makers [18].

In Deutschland informiert die Website der Beauftragten (Frau Cornelia Rogall-Grothe) der Bundesregierung für Informationstechnik [51] mit kurzen Übersichtsartikeln, einem Newsletter und vielen weiterführenden Links was auf der Bundesebene in Deutschland geplant ist und erreicht wird. Auf einer Unterseite [114] wird die Green IT-Initiative des Bundes beschrieben.

Hinweise auf (Forschungs-)Konferenzen zum Thema Green IT (weltweit) finden sich auf verschiedenen Websites [115-118].

Im Folgenden gehen wir kurz auf einige wichtige energierelevante Themen der Informationsgesellschaft ein.

## 1. Smart Grid und Smart Metering

Die US-NGO Alliance to Save Energy hat ein Factsheet „Energy Efficiency and the Smart Grid“ publiziert, das auf zwei Seiten viele wichtige Aspekte leicht verständlich zusammen fasst [37].

Das Bundesamt für Energie hat Ende 2010 ein interessantes Positionspapier zu Smart Grids publiziert [39] und im Frühjahr 2011 eine Ausschreibung für die Folgenabschätzung einer Einführung von Smart Metering ausgeschrieben. Das Ziel der Studie ist, die möglichen politischen Optionen zur Einführung von «Smart Meters» für Strom, Gas, Wasser und Wärme im Zusammenhang mit «Smart Grids» und deren wirtschaftliche, soziale und ökologische Auswirkungen in der Schweiz aufzuzeigen. Die Ergebnisse sollen im Frühjahr 2012 vorliegen.

Die im Rahmen des Bundes laufenden und geplanten Aktivitäten sind im Überblicksbericht 2010 des Forschungsprogramms Netze [40] zusammengefasst.

Elf Schweizer Elektrizitätsunternehmen bündeln per 31. August 2011 ihre Aktivitäten im Bereich Smart Grid in einem eigens dafür gegründeten Verein Smart Grid Schweiz [41]. Langfristiges Ziel des Vereins ist es, in der Schweiz die Einführung des Smart Grids (intelligentes Stromnetz) voranzutreiben und zu realisieren. Dafür entwickelt der Verein vorerst ein gemeinsames Verständnis für den Begriff und die Funktionalität des „intelligenten Netzes“ und will zudem einen Schweizer Branchenstandard zur Einführung von Smart Grid erarbeiten. Dieser basiert auf internationalen und herstellerunabhängigen Standards.

Wie im Punkt 2. des Kapitels Informationsbeschaffung bereits erwähnt, ist die Erarbeitung eines Standards auch für die EU das primäre Ziel. Daneben werden aber auch ein verbesserter Datenschutz und Rahmenbedingungen, welche den potentiellen Investoren eine langfristige Sicherheit geben, als wichtige Voraussetzung für eine sinnvolle Diffusion von smart Meters erwähnt.

Im Rahmen der Kooperation Smart-Grids D-A-CH [42] werden die Querschnittsthemen Normierung und Standardisierung, Geschäftsmodelle sowie Daten bearbeitet. Die Teilnahme in den Arbeitsgruppen steht allen Interessierten offen.

## 2. E-Work

Im Mai 2011 fand der zweite Home Office Day statt [43]. Das Ziel dieses Events ist, die Vorteile von „zuhause arbeiten“ für Arbeitnehmer, Arbeitgeber und für die Umwelt zu verbreiten.

Vor 10 Jahren haben Aebischer und Huser [145, [Kapitel 5.3.2](#)] im Rahmen einer Studie zu den Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Vernetzung im Haushalt zu diesem Thema erste Abschätzungen gemacht, die in der folgenden Tabelle zusammengefasst sind.

Quelle	Elektrizität MWh/P.a	Brennstoff MWh/P.a	Treibstoff MWh/P.a
Fallbsp. 5.3.2.1	-2.4	-2.6	-5.2
(Vog, 00) 5.3.2.2			-1.2
(Sch 00/2) 5.3.2.3	-0.3	1.7	
min. 5.3.2.4	0.2	1.1	0.0
max. 5.3.2.4	-1.0	-0.7	-3.2

**Tabelle 3:** Schätzungen für die Bilanz (negative Werte entsprechen Einsparungen) des Energieverbrauchs in- und ausserhalb des Haushalts pro Telearbeitsplatz. Quelle [145]

Aus wissenschaftlicher Sicht sind viele Fragen noch offen. Rebecca White [146] hat dazu eine Literaturstudie gemacht. Matthews und Williams [147] weisen darauf hin, dass die indirekten Effekte dieser Arbeitsform noch weitgehend unbekannt sind und dazu vertiefte Studien notwendig sind.

### 3. E-Home

Die Gebäudeautomation, inklusive Vernetzung aller Verbraucher und smart Metering, weist vielleicht die grössten Energieeinsparpotentiale aller IKT-Anwendungen auf. Auf die möglichen negativen Effekte (Strommehrverbrauch) wurde in früheren Arbeiten aufmerksam gemacht [145, 148-150]. In der Zwischenzeit sind viele Kinderkrankheiten ausgemerzt worden und insbesondere in grossen und komplexen Dienstleistungsgebäuden gibt es viele positive Beispiele von Energieeinsparungen mittels IKT.

Die Gebäude Netzwerk Initiative (GNI) [44] präsentiert an ihren Seminarien und im electronicHome-Jahrbuch seit vielen Jahren gute Beispiele. Der Nachdiplomkurs zum Projektleiter/Projektleiterin in Gebäudeautomation an der zti Zug und die Ausbildung zum/zur Gebäudeautomatiker/Gebäudeautomatikerin an der STF in Winterthur gehen wesentlich auf Initiativen von Richard Staub sel., bis 2010 Geschäftsführer der GNI, zurück. GNI ist seit Kurzem Trägerin des Minergie-Modul Raumkomfort. Sie zertifiziert Systeme zur energieeffizienten Regelung des Raumklimas, das heisst der Temperatur, Feuchtigkeit und Luftqualität sowie der Beleuchtung und der Beschattung. «Mit dem Modul wollen wir erreichen, dass in modernen Häusern die Raumtemperatur jederzeit stimmt und dass vor allem auch für Renovationsobjekte gute Steuerungslösungen verfügbar sind. Diese tragen massgeblich dazu bei, Energie zu sparen», erklärt Pierre Schoeffel, Geschäftsführer der GNI [45].

Martiskainen und Coburn [33] geben einen Überblick über die Bedeutung von IKT für die Energieeffizienz der Haushalte in Grossbritannien.

#### **Geräte**

Die ganz neu gestaltete Website von EnergieSchweiz [119] bietet eine Fülle von Informationen um die Themen Energiesparen, erneuerbare Energien und Energieeffizienz. IKT und Energie wird im Bereich der Haushalte unter „Elektronische Geräte“ thematisiert. Im Bereich von IKT in Unternehmen wird unter „Stromeffizienz“ insbesondere auf die Schweizer Website von EnergyStar und auf die Empfehlungen der Bundesverwaltung für die Beschaffung und für den Betrieb von Geräten verwiesen.

Im Rahmen der Arbeiten zu einer grünen Wirtschaft [120] hat das BAFU eine Studie Auslegeordnung „Ressourceneffiziente IKT“ [49] erarbeiten lassen, die insbesondere mögliche staatliche Massnahmen zur Förderung der Ressourceneffizienz über den ganzen Lebenszyklus von IKT untersucht. Zur Steigerung der Ressourceneffizienz bei der Nutzung von IKT werden die folgenden Ansatzpunkte als besonders wichtig hervorgehoben:

- möglichst wenig Geräte kaufen
- energie- und ressourceneffiziente Geräte anschaffen
- während der Nutzung den Stromverbrauch minimieren (z.B. durch Ausschalten statt Stand-by)

und um das zu erreichen sind insbesondere verhaltensbedingte Massnahmen wichtig. Die Entwicklung und Umsetzung von wirkungsvollen Massnahmen sollen vertieft untersucht werden.

Eine Arbeitsgruppe der Schweizer Informatik Gesellschaft hat eine Website aufgeschaltet [107] mit einer Vielzahl von Informationen zu Green IT. Besonders interessant sind die Checklisten und Massnahmenkataloge für eine grünere IT in den Anwendungsbereichen Private, KMU, Grossunternehmen und Rechenzentren.

Sehr informell ist der Green-IT Leitfaden zur Optimierung des Energieverbrauchs des IT-Betriebs [51] der Beauftragten der Deutschen Bundesregierung mit vielen Massnahmen. Das erste Teilkapitel „Organisatorische Maßnahmen“ befasst sich mit dem Aufbau der administrativen Basis zur Definition, Planung, Steuerung und Prüfung von zielgerichteten Aktivitäten für die Reduktion des Energieverbrauchs. Die vielseitigen Möglichkeiten zur Senkung des Verbrauchs in einem Rechenzentrum werden im zweiten Teilkapitel „Rechenzentren“ vorgestellt, das wiederum in die Unterkapitel „IT-Equipment“, „Optimierung der Kühlung“ und „Stromversorgung“ strukturiert ist. Das dritte und letzte Teilkapitel „Büroumgebung“ schlägt entsprechende Lösungen für das Büro vor. In dieser Studie werden auch die vielfältigen positiven und negativen Kosten von Green IT angesprochen.

In Deutschland wurde im Auftrag der Bundesverwaltung und der Industrie eine Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ [50] erarbeitet, die zeigt, wie mit neuen Gerätetypen wie der Mini-PC oder serverbasierten Konzepten wie die Desktop-Virtualisierung bei der IKT am Arbeitsplatz bis 2020 erhebliche Energieeinsparungen eingeleitet und realisiert werden können.

Zur Bedeutung der „grauen“ Energie und der „grauen“ Umweltbelastung der IT-Geräte gibt es widersprüchliche Aussagen: Jönbrink et al. finden in einer Untersuchung [47] im Rahmen des EuP-Programms der EU, dass über den gesamten Lebenszyklus eines Laptops bei professioneller Nutzung 70% der CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Endverbraucher anfallen; laut Apple [165] sind es weniger als 30% und mehr als 60% fallen bei der Herstellung und dem Vertrieb an. Laut Jönbrink [47] ist die Nutzungsphase beim Energieverbrauch über den ganzen Lebenszyklus noch dominanter als bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen: 87% (Desktop+CRT), 84% (Desktop+LCD) und 81% (Laptop) beim durchschnittlichen Gebrauch im Büro und immer noch 81% (Desktop+CRT), 77% (Desktop+LCD) und 73% (Laptop) bei der Nutzung der Geräte im Haushalt. Ole Willum [166] hat eine Literaturrecherche zum Energieverbrauch über den ganzen Lebenszyklus von IKT-Geräten in den Haushalten durchgeführt. Die Unsicherheiten im Energieverbrauch insbesondere bei der Herstellung und bei der Infrastruktur sind gross. Die Studien widersprechen sich teilweise. Aber über alle Studien gemittelt ergibt sich die Größenordnung 1:1 der Verhältnisse (Energieverbrauch Herstellung + Entsorgung) : (Energieverbrauch im Haushalt). Der Energieverbrauch für den Betrieb der Infrastruktur wird auf etwa die Hälfte des Verbrauchs der Endgeräte im Haushalt geschätzt. Für Kopierer und Drucker dominiert der Energieverbrauch für die Herstellung des Papiers: „The most important energy consumption related to the application of office printers and copiers is caused by the use of paper. The energy consumption from the manufacturing of the paper exceeds the energy consumption for manufacturing of the hardware and the electricity consumption in the use phase several times“ [166, Seite 14].

Im Folgenden einige Hinweise auf wichtige Themen:

#### 1. Spielkonsolen

Die Schweizerische Zollverwaltung schätzt die Importe von Spielkonsolen im Jahre 2010 auf knapp 600'000 Stück [52],

Cremer et al. (2003) [151] schätzen den Stromverbrauch der Spielkonsolen in Deutschland im Jahre 2001 auf ca. 0.3% des Stromverbrauchs aller IKT-Endgeräte in den Haushalten – mit steigender Tendenz: 0.5% in 2010 (98, Tabelle 4.5-3). Stobbe et al. (2009) schätzen die Leistungsaufnahme und die Nutzungszeiten der Gamekonsolen deutlich höher ein. Für 2007 gehen sie von einem Anteil der Gamekonsolen am Haushaltstromverbrauch aller IKT-Geräte von fast 5% aus [152, Abbildung 5].

## 2. E-Panels

Ein Artikel im Tagesanzeiger [53] hat auf den stark steigenden Einsatz von e-Panels zu Werbezwecken aufmerksam gemacht. Nachforschungen ergaben, dass der (gemessene) jährlichen Stromverbrauch eines e-Panels von 1 Meter auf 1.80 Meter bei 10.8 MWh/Jahr liegt und etwa gleichviel Strom verbraucht wie drei typische Haushalte [153] in der Schweiz.

## 3. Networked Standby Losses

Immer mehr elektronische und elektrische Geräte sind vernetzt und ein Powermanagement oder sogar ein Ausschalten dieser Geräte ist – ohne Verluste von gewissen Dienstleistungen, die durch eine stetige Vernetzung ermöglicht werden – nicht immer einfach möglich. Die für die USA geschätzten Anteile der elektronischen Geräte am Stromverbrauch in den Gebäuden geben eine Idee von der Bedeutung der heute vernetzten Geräte [154, 155]:

- Alle elektronischen Geräte = 10% des Stromverbrauchs in den Gebäuden
- Elektronische Geräte, die an ein Netzwerk angeschlossen sind = 5% des Stromverbrauchs in den Gebäuden. Dieser Anteil steigt.
- Elektronische Geräte, die für den Betrieb der Netzwerke notwendig sind = 1% des Stromverbrauchs in den Gebäuden.

Um die Standby-Verluste dieser vernetzten Geräte in den Griff zu bekommen, laufen auf internationaler Ebene verschiedene Untersuchungen und Initiativen: in Europa im Rahmen des EuP/ERP-Programms die Untersuchungen und Empfehlungen „Lot 26“ und verschiedene freiwilligen Vereinbarungen und Code of Conducts und auf globaler Ebene im Rahmen der IEA.

Der letzte Teil „Policy Options“ der Studie „Networked Standby Losses“, die als Lot 26 im Rahmen der EuP Preparatory Studies durchgeführt wurde, ist publiziert [46]. Eine gute Zusammenfassung der Empfehlungen der Autoren findet sich im Bericht von Streicher-Porte/Berner/Daams [91, S. 6-8]. Wegen der Vielfalt der Geräte und der Tatsache, dass stetig neue Geräte und Dienstleistungen entwickelt und angeboten werden, wird ein „horizontales“ Vorgehen für Gerätegruppen vorgeschlagen, das für einzelne Geräte/Dienstleistungen durch produkt spezifische Ansätze ergänzt werden kann.

Parallel zu den Untersuchungen/Vorschlägen im Lot 26 laufen auf Europäischer Ebene zwei andere Initiativen zum gleichen Thema der Standby-Verluste in Netzwerken, der „EU Code of Conduct on Energy Consumption of Broadband Communication Equipment“ und EU Code of Conduct for Digital TV Services und ein Voluntary Agreement (VA) für komplexe Set-Top-Boxen. Auf globaler Ebene wird im Rahmen des IEA-Annex “4E Standby Power” an diesem Thema gearbeitet. Auf diese Aktivitäten wird im Folgenden kurz hingewiesen.

In der Studie von Streicher-Porte/Berner [90, S. 9-10] werden der EU Code of Conduct for Digital TV Services und das Voluntary Agreement (VA) für komplexe Set-Top-Boxen miteinander verglichen. Die aktuelle Version 4 der Anforderungen für den CoC für Broadband Equipment kann eingesehen werden [92]. Für eine Vielzahl von Netzwerk-Geräten/Komponenten werden dort Vereinbarungen für die zulässige elektrische Leistung bei verschiedenen Betriebszustände festgelegt, die in den Jahren 2011/2012, respektive 2013/2014 nicht überschritten werden sollen. Es handelt sich also um kurzfristige Grenzwerte und entsprechend ist auch bereits für 2012 eine Aktualisierung geplant. Diese freiwillige Vereinbarung zwischen Herstellern/Anwendern und der EU wurde auch von Swisscom mitgestaltet und unterzeichnet.

Im IEA-Annex “4E Standby Power” wird wie im Lot 26 der Standby-Verbrauch von Netzwerk-Geräten und von Geräten, die an einem Netzwerk hängen, untersucht. In diesem Annex wird

versucht, diesen Geräten „Funktionen“ oder „Funktionalitäten“ zuzuordnen, die für den Betrieb des Netzwerkes notwendig sind, und für diese Funktionen/Funktionalitäten maximal notwendige/zulässige elektrische Leistungen zu definieren. Für weitere Funktionen/Funktionalitäten (secondary functions) ist, wie in Lot 26, ein horizontales Vorgehen geplant. Auf der Website <http://standby.iea-4e.org/reports> ist das Dokument „What has the Annex Achieved – August 2011“ [167] einsehbar, wo beschrieben wird, was bisher erreicht wurde. Ebenso sind dort alle Publikationen öffentlich zugänglich.

## Mobile Kommunikation

Laut dem Bundesamt für Kommunikation verlangt das starke Wachstum des mobilen Datenverkehrs (Ericsson erwartet in den kommenden 5 Jahren eine Verzehnfachung des weltweiten Datenverkehrs auf Mobilfunknetzen [54]) nach neuen spektrumseffizienten Mobilfunktechnologien: Nur durch deren Weiterentwicklung und durch die baldige Einführung von LTE (Long Term Evolution) können die steigenden Datenvolumen bewältigt werden. Was LTE ist, wird in der Mitteilung [93] des BAKOM kurz erklärt. Die Ausschreibung von neuen Frequenzblöcken für die Erbringung von Mobilfunkdiensten in der Schweiz ist im Herbst 2011 geschlossen worden. Die Auktionen sind für das Frühjahr 2012 geplant [94]. In verschiedenen Gebieten der Schweiz laufen erste Tests mit LTE an [95]. Guido Wemans gibt in der NZZ einen leichtverständlichen Überblick über die neuesten Entwicklungen in der Mobilkommunikation [96].

Eine interessante Studie, die im Rahmen des deutschen Forschungsprogramms „Material-effizienz und Ressourcenschonung (MaRess)“ <http://ressourcen.wupperinst.org> durchgeführt wurde, untersucht den Materialbestand und die Stoffflüsse für die Mobilfunk-Infrastruktur [55]. Darin werden keine expliziten Aussagen über den Energieverbrauch der Mobilfunk-Infrastruktur gemacht, aber die hier zusammengetragenen Informationen über den Aufbau der Infrastruktur könnten für eine entsprechende Studie sehr nützlich sein. Angesichts des absehbaren starken Ausbaus der Mobilfunk-Infrastruktur wäre es angezeigt den Wissenstand zu aktualisieren. Zur Erinnerung: Corliano und Hufschmid [156, Tabelle 22] haben für 2007 den Stromverbrauch der Infrastruktur für die mobile Kommunikation in der Schweiz auf 160 GWh/Jahr geschätzt. Das entspricht etwa 0.3% des Gesamtstromverbrauchs oder rund 5% des Stromverbrauchs von IKT und Unterhaltungselektronik laut der Studie von Kirchner et al. [136, Tabelle 3-5].

## Energieeffizienz in Rechenzentren

### 1. Technische Massnahmen

#### Höhere Inlet Temperaturen

ASHRAE (TC 9.9) hat ein White Paper [66] veröffentlicht, wo eine Ausweitung der Temperatur- und Feuchtigkeitstoleranzen für neue Klassen von IT-Geräten (Server und andere) und Data Centres angekündigt werden. Der empfohlene Temperaturbereich liegt für alle Klassen wie bisher zwischen 18 °C und 27 °C, aber für die neuen Klassen wird der erlaubte Temperaturbereich auf 5 °C - 40 °C (Klasse A3) und 5 °C - 45 °C (Klasse A4) ausgedehnt, was deutlich „breiter“ ist als der erlaubte Bereich von 15 °C – 32 °C (Geräte-Klasse 1 = A1) und 10 °C – 35 °C (Geräte-Klasse 2 = A2) für die aktuellen typischen Rechenzentren (siehe Tabelle 4, Seite 8). Die Motivation Geräte oder ganze Rechenzentren bei diesen höheren Temperaturen zu betreiben liegt darin, dass unter diesen Voraussetzungen Rechenzentren auch in Gegenden mit höheren Sommertemperaturen als in der Schweiz (z.B. in Chicago) 100% mit Free-Cooling betrieben werden können. Die Ausfallrate der Geräte steigt zwar mit zunehmender Temperatur (siehe Tabelle im Appendix C, Seite

38), aber falls die Temperatur des Rechenzentrums bei kalten Aussenlufttemperaturen tief gehalten wird (zwischen 15 °C und 20 °C ) kann sich auch bei höheren Sommertemperaturen eine über das ganze Jahr gemittelte tiefere Ausfallrate ergeben – wie z.B. bei klimatischen Verhältnissen wie in Chicago (Tabelle 7, Seite 19). Bisher gibt es erst wenige Geräte der Klassen A3 und A4. Über eventuelle Mehrkosten findet sich in diesem White Paper keine Angabe. Sie dürften aber mehr Platz benötigen.

Die Fachgruppe Green IT der Schweizer Informatik Gesellschaft [121] hat auf ihrer Website die Ergebnisse einer Untersuchung zu Energieeinsparungen im Rechenzentrum durch Erhöhung der Raumtemperatur bereitgestellt [67]. Darin bestätigen alle angefragten Hersteller, dass ihre Geräte problemlos eine Einlasstemperatur von 27°C über unbestimmte Zeit ertragen können. Es wird aber auch darauf hingewiesen, dass die potentiellen Energieeinsparungen infolge des Strommehrverbrauchs infolge erhöhter Lüfter-Drehzahl in den Servern kleiner ausfallen als häufig angenommen. Detaillierte Berechnungen zum Strommehrverbrauch der Server finden sich in der erwähnten Publikation von Ashrae [66, S. 13]: „...if a data center is normally operating at a server inlet temperature of 15°C and the operator wants to raise this temperature to 30°C, it could be expected that the server power would increase in the range of 4 to 8%. If the inlet temperature increases to 35°C, the IT equipment power could increase in the range of 7 to 20% compared to operating at 15°C.”

Die Simulationen von Moss und Bean [64] deuten darauf hin, dass es für eine gegebene Infrastruktur eine optimale Inlet-Temperatur gibt. Wenn diese überstiegen wird sind die Energieeinsparungen bei der Kälteproduktion kleiner als der Strommehrverbrauch bei den IT-Geräten. In dieser Studie bleibt aber das Konzept für die Wärmeabfuhr unverändert und damit können natürlich die grössten Einsparpotentiale durch eine vermehrte Nutzung der Aussenluft zur Kühlung nicht ausgenutzt werden.

Im vergangenen Jahr wurde der mit heissem Wasser gekühlte Supercomputer „Aquasar“ zu Testzwecken an der ETHZ in Betrieb genommen. Laut IBM soll dieses Prinzip bereits im kommenden Jahr in einem neuen sehr viel grösseren Supercomputer in Deutschland eingesetzt werden [80]. Nach Meinung von IBM sind die Heisswassergekühlten Chips die Technologie für die Supercomputer in den nächsten zehn Jahren [68].

## AC-DC

ABB plant in einem neuen Rechenzentrum eine DC-Stromverteilung [81]. Details sind uns keine bekannt. Zu diesem Thema aber einige Hinweise, wie diese Frage in den USA debattiert wird: Bereits im Jahre 2006 publizierten Chen und Tschudi [159] einen Forschungsbericht, wonach bei der Stromversorgung in Rechenzentren dank DC-Technologien bis zu 20% Energieeinsparungen möglich sind. Im White Paper von Rasmussen und Spitaels [160] werden die vom LBNL propagierten Vorteile von DC-Verteilungen relativiert. In einem aktuellen Beitrag von John Parkinson [82] wird diese Kontroverse wieder aufgenommen und neue Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten von LBNL und Intel beschrieben. Eine Industrie-Gruppe Emerge Alliance [www.emergealliance.org](http://www.emergealliance.org) , zu der auch ABB gehört, hat zum Ziel Standards zu setzen, um die Verbreitung von DC-Verteilungen in Dienstleistungsgebäuden (und Rechenzentren) zu beschleunigen.

## 2. Umsetzung/Förderprogramme

Beim EU Code of Conduct for Data Centres [83] hat sich im Laufe von 2011 die Anzahl der teilnehmenden Rechenzentren deutlich auf über 50 erhöht. Neben den traditionell gut vertretenen RZ aus Grossbritannien sind neu vermehrt auch RZ aus Frankreich, Deutschland und den Niederlanden vertreten. Unter den 148 „Endorsers“ sind neu auch zwei

Schweizer Firmen vertreten. In Grossbritannien nimmt der CoC für Data Centres sowohl in der Greening Government: ICT Strategy [84], die ein Modul der kürzlich neu definierte UK Government ICT Strategy [122] ist, als auch in den vielfältigen und sehr professionellen Aktivitäten im Bereich „Green and Sustainable IT [123] der British Computer Society eine prominente Stelle ein.

In den USA wurde das EnergyStar Label Programm im Sommer 2010 gestartet. Um den Label beantragen zu können, muss der PUE während eines ganzen Jahres gemessen werden. Bis heute sind in den USA 18 Rechenzentren mit dem EnergyStar Label ausgezeichnet worden [124].

In der Schweiz wurde im Rahmen der Wettbewerblichen Ausschreibungen [www.bfe.admin.ch/prokilowatt](http://www.bfe.admin.ch/prokilowatt) das von Amstein+Walthert AG, Jobst Willers Engineering AG und TEP Energy GmbH eingegebene Umsetzungsprogramm zur Förderung der Energieeffizienz in bestehenden Rechenzentren und Serverräumen mit einer Million Franken dotiert. Dieses Programm PUEA nimmt seit Mai 2011 Anmeldungen entgegen: [www.pueda.ch](http://www.pueda.ch). Im kommenden Jahr soll wiederum im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen ein Förderprogramm für neue Rechenzentren gestartet werden.

In einem Paper von Howard und Holmes [69] werden weitere Programme beschrieben und zwei Programme in den USA, das High-Tech Program von Pacific Gas and Electric (PG&E) und das Public Benefits Program von Silicon Valley Power (SVP) detaillierter analysiert.

Die meisten Aktivitäten zum Thema RZ Energieeffizienz laufen firmenintern in Zusammenarbeit mit ihren Beratungsbüros und mit den Lieferanten/Herstellern. Dann gibt es viele Erfahrungsgruppen, in der Schweiz z.B.

- die seit den 1980er Jahren aktive ERFA RZ der Betreiber von Grossrechenzentren. Zum Vergleich der Energieeffizienz der Infrastruktur verwendet diese Gruppe bereits seit 20 Jahren den Indikator  $K = DCiE = 1/PUE$ . Heute ist die Gruppe im Rahmen der Aktivitäten des Grossverbrauchermodells und der EnAW tätig.
- die ERFA-Gruppe "IT Engineering & IT Operations" [125]
- die "Infrastructure & Operations Community" c/o Swiss IT Intelligence Community [126]
- das „Information Center und IT-Services Manager Forum Schweiz“ (ICMF/ITS) [127]

### 3. Indikatoren

The Green Grid ist unbestritten die einflussreichste Organisation im Bereich der Grünen Rechenzentren. Sie hat entscheidend dazu beigetragen, dass der Indikator PUE als Mass für die Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur der Rechenzentren global eingesetzt wird. Entscheidend für die Qualität eines Indikators ist die Art und Weise wie er gemessen wird (Messkonzept) und wozu er verwendet wird (Interpretation). Diese und weitere Punkte wurden am „Technical Forum and Members Meeting 2011“ in Santa Clara, CA, March 1-2, 2011 [74] debattiert. Hervorheben möchte ich die folgenden Präsentationen:

- Data Center Efficiency Metrics: mPUE™, Partial PUE, ERE, DCcE [75]
- Using CUE™ and WUE™ to Improve Operations in Your DataCenter [76]
- The Latest on The Green Grid's Productivity Research [77]

Im Jahresbericht 2010 des Kompetenzzentrums habe ich darauf hingewiesen, dass der Indikator PUE auf das System Rechenzentrum beschränkt ist und eine eventuelle Nutzung der Abwärme ausserhalb des Rechenzentrums bewusst nicht berücksichtigt wird [135, S. 10]. The Green Grid schlägt vor, die Abwärmenutzung mit einem komplementären Indikator ERE zu messen. Im Rahmen des Förderprogramms PUEA wird der Indikator PUE<sup>DA</sup>

benutzt; bei diesem Indikator wird die Abwärmennutzung berücksichtigt. Über die Qualität dieser Nutzung, z.B. das Temperaturniveau der Abwärme, gibt aber auch dieser Indikator keine Auskunft.

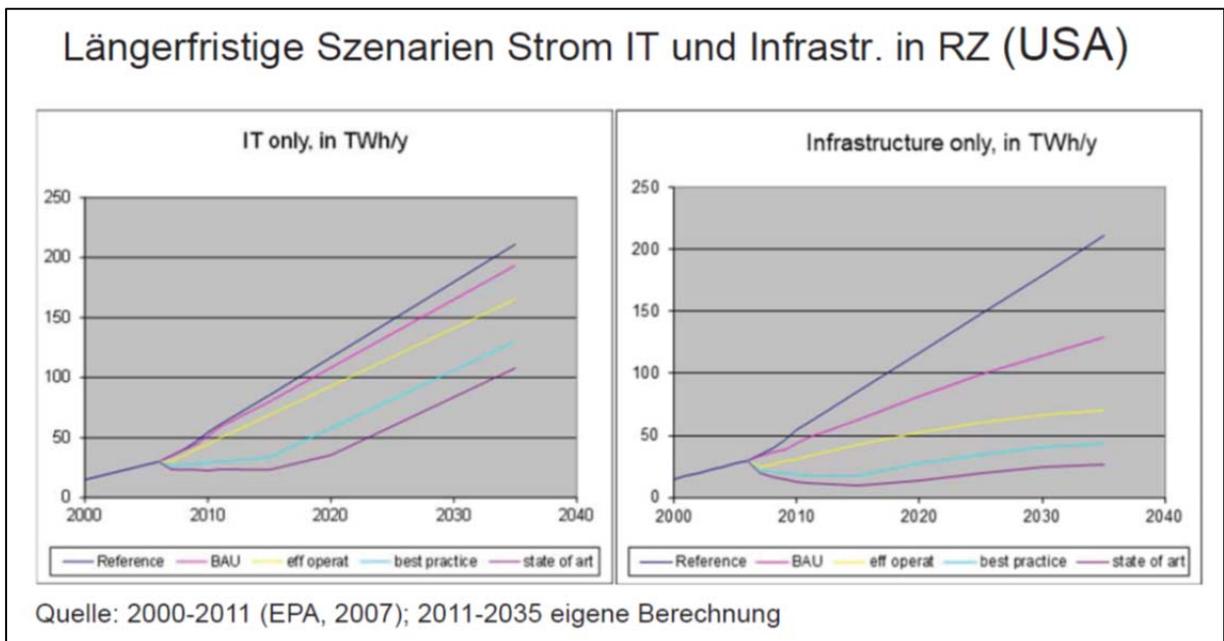
#### 4. Stromverbrauch

Jonathan Koomey hat eine neue Hochrechnung für den Stromverbrauch der Rechenzentren in den USA und weltweit publiziert [72]. Infolge des tieferen Wirtschaftswachstums als prognostiziert aber auch infolge der Virtualisierung von Servern ist die Anzahl installierter Server deutlich tiefer als prognostiziert. Andererseits hat sich gerade infolge der Virtualisierung die durchschnittliche elektrische Leistung der Server erhöht; die Anzahl der installierten high-end Server hat seit 2005 sehr stark zugenommen und nicht abgenommen, wie noch vor wenigen Jahren prognostiziert wurde. Auch dank Energieeffizienzverbesserungen bei der Infrastruktur (Koomey schätzt den durchschnittlichen PUE-Wert heute auf 1.83 liegt) ergibt sich damit im Jahre 2010 ein Stromverbrauch der Rechenzentren in den USA, der NUR zwischen 20% und 53% über dem Verbrauch im Jahre 2005 liegt; in früheren Rechnungen waren für diese Periode von 2005-2010 ein Wachstum von über 90% erwartet worden.

Datacentre Dynamics hat kürzlich Ergebnisse des jährlich durchgeführten Industry Census bekannt gegeben. Für das Wachstum der elektrischen Leistung von 2011 auf 2012 ergeben sich Werte, die zwischen 85% für die RZ in der Türkei und 2% für die RZ im Westen der USA liegen [73]. Weltweit wird ein Wachstum von 19% erwartet. Diese Zahlen sind natürlich mit Vorsicht zu verwenden. Wie repräsentativ ist diese Umfrage von Datacentre Dynamics? Werden die geplanten neuen Data Centres tatsächlich auch gebaut und wie schnell wird die Kapazität genutzt werden?

Insbesondere für die Schweiz sind der Stromverbrauch der Rechenzentren und die Entwicklung dieses Verbrauchs nur ungefähr bekannt. Eine erste Schätzung für das Jahr 1988 ergab einen Anteil von 1.3% des Landesverbrauchs; für 1999 ergab eine andere Schätzung 0.7% des Landesverbrauchs und für 2008 lag der Schätzwert bei 1% des gesamten Stromverbrauchs der Schweiz. In diesen Zahlen ist nur der Stromverbrauch der IT-Geräte enthalten. Etwa gleichviel Strom wird für den Betrieb der Infrastruktur gebraucht. Diese und weitere Zahlen (sowie die Quellenangaben) finden sich z.B. in [130, Folie 3].

Im bereits erwähnten Artikel von Richert Volker [57] wird für die Schweiz ein starkes Wachstum der Rechenzentrenfläche prognostiziert. Umso bedeutender sind Effizienzverbesserungen in den bestehenden RZ und eine stromsparende Planung der neuen Rechenzentren. Die Potentiale sind gross. Eine Übertragung auf die Schweiz von Szenariorechnungen für die Data Centres in den USA [157, 158] ergeben innerhalb weniger Jahre mögliche Energiekosteneinsparungen bei den Schweizer Rechenzentren von bis zu 200 Mio, CHF pro Jahr [130, Folie 14]. Längerfristig muss aber bei den Rechenzentren auch bei der Umsetzung aller heute bekannten Effizienzverbesserungen (bei den Mikroprozessoren, bei maximaler Virtualisierung und bei Optimierung der zentralen Infrastruktur) mit einem steigenden Stromverbrauch gerechnet werden [130, Folie 19]. Betrachtet man die Rechenzentren nicht isoliert sondern als Teil des gesamten Energiesystems, dann kann das Prinzip der Warmwasserkühlung, wie es erstmals im „Aquasar“ demonstriert wurde, eine nächste Generation von Effizienzverbesserungen ermöglichen und die Energiebilanz der Rechenzentren signifikant verbessern.



**Figur 12:** Szenarien für die Entwicklung des Stromverbrauchs der IT und der zentralen Infrastruktur in den Rechenzentren der USA. Quelle [130, Folie 19]

## Deklaration, Labels, Standards

Die neue Website von EnergieSchweiz [119] informiert im Bereich Wohnen unter „Elektronische Geräte“ über die in der Schweiz gültigen Vorschriften und Labels. Für die professionellen Anwender finden sich im Bereich Unternehmen unter „Stromeffizienz“ weitere Informationen.

Für TV-Geräte und Set-Top-Boxen gelten ab 1. Januar 2012 neue oder erweiterte Effizienzvorschriften; ausserdem wird eine Energieetikette für TV-Geräte eingeführt [97]. Die Energieetikette für Fernseher ist in einem Dokument des SWICO detailliert beschrieben [89].

Im laufenden Jahr wurden im Rahmen des US-EnergyStar Programms energieeffizienteste Produkte gekennzeichnet. Als einzige IKT-Gerätegruppe werden die energieeffizientesten Fernseher mit einem speziellen Label ausgezeichnet. In der Schweiz werden die energieeffizientesten Fernseher von topten bestimmt. Auf der neuen Website von EnergieSchweiz wird darauf hingewiesen. Die Kriterien 2011 für die besten Fernseher in den USA [86] und in der Schweiz [87] lassen sich nicht direkt vergleichen. Aber die Zielsetzung, den Konsumenten zu informieren, welches die energieeffizientesten Geräte auf dem Markt sind, ist identisch.

Die internationalen Aktivitäten zu Standards, Labels und freiwilligen Massnahmen wurden insbesondere was die Europäische Union betrifft von der Energieagentur Elektrogeräte eae in zwei Berichten zusammengefasst [90, 91]. Der Annex 8 „Stand der EU Gesetzgebung für Ökodesign und Energiekennzeichnung von E-Geräten“ gibt einen guten Überblick. Wir beschränken uns hier im Folgenden auf Hinweise zum US-EnergyStar (die EU-EnergyStar-Webseite bezieht sich häufig darauf) und zu ausgewählten Aktivitäten in der Europäischen Union. Informationen zu EnergyStar in der Schweiz finden sich auf [www.energystar.ch](http://www.energystar.ch).

1. EnergyStar
  - 1.1. Allgemein

Aktuelle Spezifikationen (mit Entwicklungsgeschichte)  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.prod\\_development\\_archives](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.prod_development_archives)

Revisions to Existing Specifications  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.revisions\\_specs](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.revisions_specs)

New Product Specifications in Development  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new\\_specs.new\\_prod\\_specs](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new_specs.new_prod_specs)
  - 1.2. Computers

Computer Spezifikationen

Die aktuelle Version 5.0 der Spezifikationen ist am 1. Juli 2009 in Kraft getreten.  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.computer\\_spec\\_version\\_5\\_0](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.computer_spec_version_5_0). Die Version 6.0 für Computer und die Spezifikationen für Game Konsolen befinden sich in Entwicklung [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer\\_spec](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer_spec)
  - 1.3. Imaging Equipment

Spezifikationen [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip\\_spec](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip_spec) . Die Version 1.1 der Spezifikationen sind ebenfalls am 1. Juli 2009 in Kraft getreten. In Entwicklung befindet sich die Version 2  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip\\_spec](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip_spec)
  - 1.4. Server und Data Centres

Die Messverfahren und Kriterien für die Vergabe des EnergyStar Labels an Server und an Data Centres finden sich auf [www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.server\\_efficiency](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency). Die heute gültigen Anforderungen für Computer Server sind hier einsehbar [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.enterprise\\_servers](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.enterprise_servers) . In Entwicklung befindet sich die Version 2 für Computer Servers [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer\\_servers](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer_servers) . Der Stand der Arbeiten für eine Spezifikation für USV-Anlagen findet sich hier [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new\\_specs.uninterruptible\\_power\\_supplies](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new_specs.uninterruptible_power_supplies)
2. Europäische Union (nicht EnergyStar)

Eine Übersicht über die verschiedenen Programme und Aktivitäten der EU findet sich auf <http://ec.europa.eu/energy>

Siehe auch die zwei Studien der eae [90, 91], insbesondere die Zusammenfassung im Annex 8.

  - 2.1. Code of Conduct

Einen Überblick über die realisierten und geplanten Code of Conducts findet sich auf [http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative.htm) .
  - 2.2. Energy Related Products (ERP)

Allgemeine Informationen zu ERP (früher EuP) finden sich auf [http://ec.europa.eu/enterprise/eco\\_design/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/eco_design/index_en.htm) . Die Direktive DIRECTIVE 2009/125/EC kann hier herunter geladen werden: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:EN:PDF>

Der Arbeitsplan für die Periode 2009-2011 findet sich hier: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0660:FIN:en:PDF> .

Detaillierte Informationen zu den Produkten können auf der folgenden Seite eingesehen werden [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/sustainable-product-policy/ecodesign/product-groups/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/sustainable-product-policy/ecodesign/product-groups/index_en.htm)

Eine gute Zusammenfassung des gesamten EuP-Prozesses und des aktuellen Stands der Aktivitäten findet sich bei ECEEE: [http://www.eceee.org/Eco\\_design/](http://www.eceee.org/Eco_design/) und [http://www.eceee.org/Eco\\_design/products](http://www.eceee.org/Eco_design/products) .

## Nationale Zusammenarbeit

Die Sitzungen der Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ sind eine willkommene Gelegenheit für den Informationsaustausch mit Wirtschaftsvertretern. Die Kommunikation und Zusammenarbeit mit der Sektion "Energieeffizienz" des BFE war konstruktiv. Die Teilnahme an der Bilanz-/Strategiekonferenz EnergieSchweiz schaffte einen guten Kontakt zu Akteuren des Programms EnergieSchweiz. Mit dem Ziel Energieaspekte vermehrt in die Diskussion einzubringen ist das Kompetenzzentrum Mitglied des Gebäude Netzwerk Instituts. Der Austausch mit Betreibern von Rechenzentren findet im Rahmen von sitic, an Veranstaltungen und an bilateralen Treffen statt.

## Bewertung 2011

Der Versuch, wichtige Faktoren für den zukünftigen Stromverbrauch von IKT besser zu verstehen, ist uns teilweise gelungen:

- Die Entwicklung des spezifischen Stromverbrauchs der Rechner konnte mit neuen Daten auf eine solidere Basis gestellt werden. Das Ergebnis unserer im Frühjahr 2011 durchgeführten Untersuchung wurde Ende Jahr in einem Paper von Koomey [10] bestätigt und im Economist online als grosse Entdeckung angekündigt: „A deeper law than Moore's?“ [11].
- Mit Szenariorechnungen wurde gezeigt, dass der Stromverbrauch der Rechenzentren trotz der Umsetzung der heute bekannten Effizienzverbesserungen längerfristig zunehmen wird [130, Folie 19].

Aber trotz neuen Daten für die Rechenkapazität aller Mikroprozessoren konnten wir unsere Aussage „... der Stromverbrauch der gesamten IKT ist sicher höher als die 5% der IKT-Geräte“ nicht näher präzisieren. Die potentielle Bedeutung der Grafikkarten für den Stromverbrauch der Endgeräte wird mit diesen Daten aber nochmals hervorgehoben.

Ebenso bleibt die Frage nach der Bedeutung der „grauen“ Energie unbeantwortet. Die verschiedenen sich widersprechenden Analysen müssen sehr viel detaillierter miteinander verglichen werden um eine fundierte Aussage machen zu können.

Die generellen Ziele, relevante internationale Informationen weiter zu geben, wurden zu unserer Zufriedenheit erreicht. Auf die per E-Mails verschickten Neuigkeiten haben wir mehrere positive Rückmeldungen erhalten und die Vorträge wurden gut aufgenommen. Am effektivsten waren aber vielleicht die Beratungen zu Studienarbeiten zum Thema Energieeffizienz in Rechenzentren und zu einer Forschungsarbeit im Bereich „Teleworking“. Zu erwähnen ist, dass die auf internationaler Ebene laufenden Arbeiten und Entwicklungen im Bereich der Energiedeklarationen, Label und Standards nur dank der Informationsvermittlung durch die eae, insbesondere durch Martin Streicher-Porte vom Swico, verfolgt und dokumentiert werden konnte.

Der vorliegende Bericht fasst für das Jahr 2011 die Aktivitäten des Leiters des Kompetenzzentrums im Bereich Energie und Informationstechnik zusammen. Ein grosser Teil dieser Arbeiten war nur möglich dank Synergien mit Aktivitäten, die vom CEPE in Eigenleistung erbracht wurden, und dank einem kontinuierlichen Wissensaufbau im Rahmen von anderweitig finanzierten Forschungsprojekten.

# Referenzen

- [1] Martin Hilbert and Priscila López, 2011. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. Scienceexpress, <http://www.sciencemag.org/content/early/2011/02/09/science.1200970> , <http://www.sciencemag.org/content/early/2011/02/09/science.1200970.full.pdf> and 1 APRIL 2011 VOL 332 SCIENCE [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org), <http://www.sciencemag.org/content/332/6025/60.full.pdf>
- [2] Martin Hilbert and Priscila López, 2011. Supporting Online Material for The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. Published 10 February 2011 on Science Express DOI: 10.1126/science.1200970 <http://www.sciencemag.org/content/early/2011/02/09/science.1200970/suppl/DC1>, <http://www.sciencemag.org/content/suppl/2011/02/08/science.1200970.DC1/Hilbert-SOM.pdf>
- [3] Heebyung Koh and Christopher L. Magee, 2006. A functional approach for studying technological progress: Application to information technology. Technological Forecasting & Social Change 73 (2006) 1061–1083. [http://s352047256.onlinehome.us/cmagee/documents/15%5Bkoh\\_magee%5Dfsc\\_functional\\_approach\\_studying\\_technological\\_progress\\_vol73p1061-1083\\_2006.pdf](http://s352047256.onlinehome.us/cmagee/documents/15%5Bkoh_magee%5Dfsc_functional_approach_studying_technological_progress_vol73p1061-1083_2006.pdf) link tot, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.85.7122&rep=rep1&type=pdf>
- [4] Nordhaus, William D., 2002. The Progress of Computing. Yale University., [http://nordhaus.econ.yale.edu/prog\\_030402\\_all.pdf](http://nordhaus.econ.yale.edu/prog_030402_all.pdf)
- [5] NORDHAUS W. D., 2007. Two Centuries of Productivity Growth in Computing. The Journal of Economic History, Vol. 67, No. 1 (March 2007). © The Economic History Association. All rights reserved. ISSN 0022-0507. [http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/nordhaus\\_computers\\_jeh\\_2007.pdf](http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/nordhaus_computers_jeh_2007.pdf)
- [6] Chang Y. S., Baek S. J., 2010. Limit to improvement: Myth or reality? Empirical analysis of historical improvement on three technologies influential in the evolution of civilization. Technological Forecasting & Social Change 77 (2010) 712–729 [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6V71-4YS4C9V-2-10&\\_cdi=5829&\\_user=791130&\\_pii=S0040162510000399&\\_origin=gateway&\\_coverDate=06%2F30%2F2010&\\_sk=999229994&\\_view=c&\\_wchp=dGLbVzb-zSkWA&\\_md5=92fe9635ccc393a0dfc57bed8fa7dc5e&\\_ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V71-4YS4C9V-2-10&_cdi=5829&_user=791130&_pii=S0040162510000399&_origin=gateway&_coverDate=06%2F30%2F2010&_sk=999229994&_view=c&_wchp=dGLbVzb-zSkWA&_md5=92fe9635ccc393a0dfc57bed8fa7dc5e&_ie=/sdarticle.pdf)
- [7] Béla Nagy1; , J. Doyne Farmer1, Jessika E. Trancik1;2, John Paul Gonzales1, 2010. Superexponential Long-term Trends in Information Technology. Santa Fe Institute and MIT. November 3. <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/10-11-030.pdf>
- [8] Monroe Ch. and Wineland D.J., 2008. Quantum Computing with Ions. Scientific American, August 2008. [http://www.cs.virginia.edu/~robins/Quantum\\_Computing\\_with\\_Ions.pdf](http://www.cs.virginia.edu/~robins/Quantum_Computing_with_Ions.pdf)
- [9] Feng Wu-chun, 2005. The Importance of Being Low Power in High-Performance Computing. CTWatch Quarterly August 2005. <http://sss.lanl.gov/pubs/CTWatch-Quarterly-Excerpt.pdf>
- [10] Koomey J.G. et al., 2011. Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing. IEEE Annals of the History of Computing. Published by the IEEE Computer Society 1058-6180/11/ \$26.00, 2011 IEEE, p. 46-54. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5440129>
- [11] The Economist online, 2011. Computing power. A deeper law than Moore's?. Oct 10th 2011. <http://www.economist.com/blogs/dailychart/2011/10/computing-power>
- [12] Rober Weiss, 2011. Weissbuch 2011. <http://robertweiss.ch/Weissbuch/>
- [13] Daniel Bader , 10.02.2011. Weissbuch 2011: Schweiz auf Wachstumskurs. [http://www.computerworld.ch/news/it-branche/artikel/weissbuch-2011-schweiz-auf-wachstumskurs-55724/?tx\\_ttnews%5BViewportPointer%5D=2&cHash=1b5198b1e5cad5753eeb578206e3acab](http://www.computerworld.ch/news/it-branche/artikel/weissbuch-2011-schweiz-auf-wachstumskurs-55724/?tx_ttnews%5BViewportPointer%5D=2&cHash=1b5198b1e5cad5753eeb578206e3acab)
- [14] Michel Vogel, 10. Februar 2011. Schweizer PC-Markt 2010: Gewinner heissen Apple und Acer. [http://www.itmagazine.ch/Artikel/45886/Schweizer\\_PC-Markt\\_2010%20-%20Gewinner\\_heissen\\_Apple\\_und\\_Acer.html](http://www.itmagazine.ch/Artikel/45886/Schweizer_PC-Markt_2010%20-%20Gewinner_heissen_Apple_und_Acer.html)
- [15] EVD und UVEK, 2011. Masterplan Cleantech. Eine Strategie des Bundes für Ressourceneffizienz und erneuerbare Energien. Stand September 2011. [http://www.cleantech.admin.ch/cleantech/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6qpJCDdIJ9fGym162epYbq2c\\_JiKbNoKSn6A--](http://www.cleantech.admin.ch/cleantech/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6qpJCDdIJ9fGym162epYbq2c_JiKbNoKSn6A--)
- [16] BAFU, 2010. Sechs Handlungsfelder für eine Grüne Wirtschaft. Faktenblatt 1 zum Masterplan Cleantech. <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/20804.pdf>
- [17] UNEP, 2011. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. ISBN: 978-92-807-3143-9 <http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GreenEconomyReport.pdf>
- [18] UNEP, 2011. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. A synthesis for policy makers. [http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER\\_synthesis\\_en.pdf](http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER_synthesis_en.pdf)
- [19] Erdmann, L.; Hilty, L.M.: Scenario Analysis: Exploring the Macroeconomic Impacts of Information and Communication Technologies on Greenhouse Gas Emissions. Journal of Industrial Ecology, 2010 <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00277.x> <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2010.00277.x/pdf>
- [20] Hilty Lorenz, 2011. Informatics and Sustainability (Poster) [http://www.ifi.uzh.ch/iands/fileadmin/files/Poster\\_IFI40\\_Informatics\\_and\\_Sustainability.pdf](http://www.ifi.uzh.ch/iands/fileadmin/files/Poster_IFI40_Informatics_and_Sustainability.pdf)
- [21] Dompke, M., et al. (GIANI), 2004. Memorandum Nachhaltige Informationsgesellschaft [http://www.empa.ch/plugin/template/empa/\\*51460](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*51460) <http://publica.fhg.de/eprints/N-20549.pdf> <http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn:nbn:de:0011-n-205492.pdf>

- [22] Christiane Hanna Henkel, 2011. Neuer Schwung für die New Economy. Derzeitiger Hype um Internetfirmen ist weit entfernt von der riesigen Dotcom-Blase Ende der neunziger Jahre. NZZ, 14. Januar 2011  
[http://www.nzz.ch/nachrichten/wirtschaft/aktuell/neuer\\_schwung\\_fuer\\_die\\_new\\_economy\\_1.9089991.html](http://www.nzz.ch/nachrichten/wirtschaft/aktuell/neuer_schwung_fuer_die_new_economy_1.9089991.html)
- [23] Dettli R. et al., 2009. Smart Metering für die Schweiz – Potenziale, Erfolgsfaktoren und Massnahmen für die Steigerung der Energieeffizienz. Bundesamt für Energie. Bern, 17. November  
[http://www.bfe.admin.ch/php/includes/container/enet/flex\\_enet\\_anzeige.php?lang=de&publication=10248&height=400&wdth=600](http://www.bfe.admin.ch/php/includes/container/enet/flex_enet_anzeige.php?lang=de&publication=10248&height=400&wdth=600)
- [24] Quack D. und Möller M., 2005. Ökobilanzielle Analyse von Rechnung Online im Vergleich zu Rechnung per Brief. Ökoinstitut, Freiburg. <http://www.oeko.de/oekodoc/282/2005-019-de.pdf>
- [25] European Commission, 2011. Smart Grids: from innovation to deployment. Brussels, 12.4.2011 COM(2011) 202 final.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0202:FIN:EN:PDF>
- [26] Koordinationsstelle Informationsgesellschaft, 2011. Zum Stand der Informationsgesellschaft in der Schweiz 2010. Bericht des Interdepartementalen Ausschusses zur Umsetzung der bundesrätlichen Strategie Informationsgesellschaft. Jahresbericht 2010. Bakom, Bern, Februar <http://www.bakom.admin.ch/themen/infosociety/00695/01729/index.html?lang=de>
- [27] Cook G., Van Horn J., 2011. How dirty is your data? A Look at the Energy Choices That Power Cloud Computing. Greenpeace International. Amsterdam.  
<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/Cool%20IT/dirty-data-report-greenpeace.pdf>
- [28] Greenpeace, 2010. Make IT Green. Cloud Computing and its Contribution to Climate Change. Greenpeace International. Amsterdam <http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/make-it-green-cloud-computing.pdf>
- [29] NFP 57, 2011. Resultate aus dem Nationalen Forschungsprogramm zu den möglichen gesundheitlichen Risiken elektromagnetischer Strahlung. Broschüre. [http://www.nfp57.ch/files/downloads/NFP57\\_Resultate.pdf](http://www.nfp57.ch/files/downloads/NFP57_Resultate.pdf)
- [30] NFP 57. Nichtionisierende Strahlung – Umwelt und Gesundheit. Programmsynthese. Nationales Forschungsprogramm NFP 57 <http://www.nfp57.ch/files/downloads/NFP57-d.pdf>
- [31] BFS, 2011. Internet in den Schweizer Haushalten. Information, Kommunikation, Konsum, Reisen und Freizeit: Das Internet ist allgegenwärtig. BFS Aktuell, erschienen am 04.02.2011. Bestellnummer: 823-1000-05. Neuchâtel  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/16/22/publ.Document.139970.pdf>
- [32] e-Zürich, 2011. Ergebnisbericht Ideenwettbewerb eZürich. [http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/fd/Deutsch/Informatik%20\(OIZ\)/Weitere%20Dokumente/eZuerich/Ergebnisbericht\\_Final.pdf](http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/fd/Deutsch/Informatik%20(OIZ)/Weitere%20Dokumente/eZuerich/Ergebnisbericht_Final.pdf) Kurzfassung: [http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/fd/Deutsch/Informatik%20\(OIZ\)/Weitere%20Dokumente/eZuerich/Ergebnisbericht\\_Kurzfassung.pdf](http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/fd/Deutsch/Informatik%20(OIZ)/Weitere%20Dokumente/eZuerich/Ergebnisbericht_Kurzfassung.pdf)
- [33] Martiskainen M., Coburn J., 2011. The role of information and communication technologies (ICTs) in household energy consumption—prospects for the UK. Energy Efficiency, Special Issue VINE, 2011.  
<http://www.springerlink.com/content/b641113412761126/fulltext.pdf>
- [34] BITKOM, 2011. „Smart Cities“ – Grüne ITK zur Zukunftssicherung moderner Städte. Diskussionspapier zur 5. Jahreskonferenz BMU/UBA/BITKOM, Mai 2011 [http://www.bitkom.org/files/documents/Smart\\_Cities\\_Studie\\_Mai\\_2011.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Smart_Cities_Studie_Mai_2011.pdf)
- [35] ITU, 2011. WSIS Forum 2011: Outcome Document <http://groups.itu.int/wsis-forum2011/Agenda/OutcomeDocument.aspx>
- [36] Hischer R., L. Hilty, 2002. Environmental impacts of an international conference. Environmental Impact Assessment Review, 22 (2002) 543–557. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925502000276>
- [37] ASE, 2011. Energy Efficiency and the Smart Grid. Fact Sheet by the Alliance to Save Energy.  
[http://ase.org/sites/default/files/Smart\\_Grid\\_factsheet\\_0.pdf](http://ase.org/sites/default/files/Smart_Grid_factsheet_0.pdf)
- [38] Betschon, Stefan (Red.), 2011. Computer: Wie die Informatik die Welt verändert. NZZ Fokus, Heft Nr. 45
- [39] Bundesamt für Energie, 2010. Positionspapier zu «Smart Grids». 16. 12. 2010.  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_676055287.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_676055287.pdf)
- [40] Moser M., 2010. Überblicksbericht 2010 des Forschungsprogramms Netze. Bundesamt für Energie.  
[http://www.bfe.admin.ch/php/includes/container/enet/flex\\_enet\\_anzeige.php?lang=de&publication=10613&height=400&wdth=600](http://www.bfe.admin.ch/php/includes/container/enet/flex_enet_anzeige.php?lang=de&publication=10613&height=400&wdth=600)
- [41] BKW, 2011. Gründung Verein Smart Grid Schweiz. Medienmitteilung, 08.09.2011 [http://www.bkw-fmb.ch/bkwfmb/de/home/ueber\\_uns/Medien/medienmitteilungen/2011/september/Smart\\_Grid.html](http://www.bkw-fmb.ch/bkwfmb/de/home/ueber_uns/Medien/medienmitteilungen/2011/september/Smart_Grid.html)
- [42] Kooperation Smart-Grids D-A-CH [www.smartgrids-dach.eu](http://www.smartgrids-dach.eu)
- [43] Home Office Day [www.homeofficeday.ch/Medien.aspx](http://www.homeofficeday.ch/Medien.aspx)
- [44] GNI [www.g-n-i.ch](http://www.g-n-i.ch)
- [45] René Senn, 2011. Neues Minergie-Modul Raumkomfort. [http://www.g-n-i.ch:1155/data/1317327864PDF\\_GNI.pdf](http://www.g-n-i.ch:1155/data/1317327864PDF_GNI.pdf)
- [46] Nissen N. et al., 2011. Lot 26. Networked Standby Losses. Final Report Task 8, Policy Options. 12. April 2011  
[http://www.ecostandby.org/open\\_docs/Lot-26\\_Task-8\\_Final.pdf](http://www.ecostandby.org/open_docs/Lot-26_Task-8_Final.pdf)
- [47] Jönbrink A.K., 2007. Lot 3. Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors. Final Report (Task 1-8), 27. August 2007.  
<http://extra.ivf.se/ecocomputer/downloads/Eup%20Lot%203%20Final%20Report%20070913%20published.pdf>
- [48] SPECpower Committee, 2011. Server Efficiency Rating Tool (SERT). Design Document, 3rd public draft. 9 March 2011  
[http://www.spec.org/sert/docs/SERT-Design\\_Doc.pdf](http://www.spec.org/sert/docs/SERT-Design_Doc.pdf)
- [49] Bernath K., D. Fussen, A. Gattlen, P. de Haan, 2011. Auslegeordnung «Ressourceneffiziente IKT». Schlussbericht. Basler und Partner. Im Auftrag des BAFU. Februar 2011.  
[http://www.ebp.ch/files/projekte/Ressourceneffiziente\\_IKT\\_2011\\_EBP.pdf](http://www.ebp.ch/files/projekte/Ressourceneffiziente_IKT_2011_EBP.pdf)
- [50] Prof. Dr. Klaus Fichter, Dr. Jens Clausen, Dr. Ralph Hintemann, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit GmbH, 2011, Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ Entwicklung eines Leitmarktes für

- Green Office Computing.  
[http://www.bitkom.org/files/documents/Roadmap\\_ressourceneffizientearbeitsplatzcomputerloesungen\\_web\(1\).pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Roadmap_ressourceneffizientearbeitsplatzcomputerloesungen_web(1).pdf)
- [51] Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik, 2011. GREEN-IT. Ein Leitfaden zur Optimierung des Energieverbrauchs des IT-Betriebes. Version 1.0. [http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Innovative-Vorhaben/green-it\\_leitfaden\\_download.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Innovative-Vorhaben/green-it_leitfaden_download.pdf?__blob=publicationFile)
- [52] Eidgenössische Zollverwaltung, 2011. Importe: Beliebte Spielkonsolen. Medienmitteilung, 12.07.2011  
[www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/23660.pdf](http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/23660.pdf)
- [53] Tina Fassbind, 2011. Im HB strahlt Werbung in HD. Tagesanzeiger on-line, aktualisiert am 20.06.2011  
[www.tagesanzeiger.ch/zueroich/stadt/Im-HB-strahlt-Werbung-in-HD/story/21740839](http://www.tagesanzeiger.ch/zueroich/stadt/Im-HB-strahlt-Werbung-in-HD/story/21740839)
- [54] Ericsson, 2011. TRAFFIC AND MARKET DATA REPORT.. ON THE PULSE OF THE NETWORKED SOCIETY. November 2011 <http://hugin.info/1061/R/1561267/483187.pdf>
- [55] Scharp M., 2011. Ressourcen für die Mobilfunk-Infrastruktur. Abschätzung des Materialbestandes und der Stoffflüsse. Werkstattbericht Nr. 114. IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin, Juni 2011. ISBN 978-3-941374-14-0 [http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT\\_WB114.pdf](http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB114.pdf)
- [56] M. Bramfitt und H. Coles, 2011. Modular/Container Data Centers Procurement Guide: Optimizing for Energy Efficiency and Quick Deployment. LBNL, Berkeley, 2. Februar  
[https://web.archive.org/web/20110228090000/http://web.archive.org/web/20110228090000/http://www.lbnl.gov/users/wftschudi/Container%20Computers/Modular\\_Data\\_Center\\_Procurement\\_Guide.pdf?ticket=tt\\_NohQhQUZ](https://web.archive.org/web/20110228090000/http://web.archive.org/web/20110228090000/http://www.lbnl.gov/users/wftschudi/Container%20Computers/Modular_Data_Center_Procurement_Guide.pdf?ticket=tt_NohQhQUZ) (Passwortgeschützt!) [http://hightech.lbl.gov/documents/data\\_centers/modular-dc-procurement-guide.pdf](http://hightech.lbl.gov/documents/data_centers/modular-dc-procurement-guide.pdf)
- [57] Volker Richtert, 2011. Drehscheibe der Daten. Handelszeitung vom 19.01.2011  
[http://www.handelszeitung.ch/artikel/Specials-Drehscheibe-der-Daten\\_839389.html](http://www.handelszeitung.ch/artikel/Specials-Drehscheibe-der-Daten_839389.html)
- [58] Thomas Scherer, 2009. Modeling and Control for Energy Efficient Data Centers. Master Thesis. Institute for Dynamic Systems and Control, ETH Zürich.
- [59] Data Centres Specialist Group (cf Liam Newcomb): Future of data centre efficiency metrics. A review of progress so far and a suggested direction for further development  
<http://dcsq.bcs.org/sites/default/files/protected/Future%20of%20Data%20Centre%20Efficiency%20Metrics%20v2.0.0%20release.pdf>
- [60] Global Taskforce, 2011. Harmonizing Global Metrics for Data Center Energy Efficiency. February 28th, 2011.  
<http://www.thegreengrid.org/en/Global/Content/Reports/HarmonizingGlobalMetricsForDataCenterEnergyEfficiency> -->  
<http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/HarmonizingGlobalMetricsforDataCenterEnergyEfficiency2011-02-28.ashx?lang=en>
- [61] Neudorfer J., 2010. Energy Efficient Cooling: IT Handbook. ©2010 TECHTARGET.  
[http://viewer.media.bitpipe.com/979246117\\_954/1272654908\\_660/Handbook\\_SearchDataCenter\\_Cooling\\_FINAL.pdf](http://viewer.media.bitpipe.com/979246117_954/1272654908_660/Handbook_SearchDataCenter_Cooling_FINAL.pdf)
- [62] BCS Data Centre Specialist Group, 2010. Future of data centre efficiency metrics. A review of progress so far and a suggested direction for further development. Version 2.00. London, 10. Dezember <https://dcsq.bcs.org/future-data-centre-efficiency-metrics-0>
- [63] BCS, the Chartered Institute for IT, 2010. Response to DEFRA: Consultation on Saving Energy through better Products & Appliances [http://dcsq.bcs.org/sites/default/files/protected/DEFRA\\_final-1.pdf](http://dcsq.bcs.org/sites/default/files/protected/DEFRA_final-1.pdf)
- [64] Moss D. and J.H. Bean, 2010. Energy Impact of Increased Server Inlet Temperature. APC White Paper 138.  
<http://www.apcdistributors.com/white-papers/Cooling/WP-138%20Energy%20Impact%20of%20Increased%20Server%20Inlet%20Temperature.pdf>
- [65] Meisner D. et al., 2009. Power Nap: Eliminating Server Idle Power. ASPLOS'09, March 7–11, 2009, Washington, DC, USA. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.152.483&rep=rep1&type=pdf> und [http://pro-klima.org/article306\\_11110.html](http://pro-klima.org/article306_11110.html)
- [66] ASHRAE TC 9.9. 2011 Thermal Guidelines for Data Processing Environments – Expanded Data Center Classes and Usage Guidance. Whitepaper prepared by ASHRAE Technical Committee (TC) 9.9. Mission Critical Facilities, Technology Spaces, and Electronic Equipment <http://tc99.ashraetcs.org/documents/ASHRAE%20Whitepaper%20-%202011%20Thermal%20Guidelines%20for%20Data%20Processing%20Environments.pdf>
- [67] Fachgruppe Green IT. Energieeinsparung im Rechenzentrum durch Erhöhung der Raumtemperatur. Resultate einer Umfrage bei Hardware-Herstellern <http://greenit.s-i.ch/index.php?page=315>
- [68] IBM, 2011. Der Supercomputer im Zuckerwürfel. Energieeffizienz und Miniaturisierung durch wassergekühlte Chips. Zürich, Switzerland, 1. März 2011 [http://www.zurich.ibm.com/news/11/cebit\\_d.html](http://www.zurich.ibm.com/news/11/cebit_d.html)
- [69] Howard, A.J., Holmes J., 2011. Addressing data center efficiency: lessons learned from process evaluations of utility energy efficiency programs. Energy Efficiency, Special Issue VINE, 2011.  
<http://www.springerlink.com/content/xqv44u7x78mh2818/fulltext.pdf>
- [70] BITKOM, 2010. Betriebssichere Rechenzentren. Leitfaden, Version 2.  
[http://www.bitkom.org/files/documents/Betriebssicheres\\_RZ\\_2010\\_ohne\\_Schnittmarken\(3\).pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Betriebssicheres_RZ_2010_ohne_Schnittmarken(3).pdf)
- [71] Behrendt F. et al., 2008. Konzeptstudie zur Energie- und Ressourceneffizienz im Betrieb von Rechenzentren. Studie zur Erfassung und Bewertung von innovativen Konzepten im Bereich der Anlagen-, Gebäude- und Systemtechnik bei Rechenzentren. Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik und Innovationszentrum Energie (IZE), Berlin, Dezember 2008 [http://www.tsb-berlin.de/data/files/Downloads/Publikationen\\_aktuell/IZE\\_Konzeptstudie\\_Energieeffizienz\\_in\\_Rechenzentren.pdf](http://www.tsb-berlin.de/data/files/Downloads/Publikationen_aktuell/IZE_Konzeptstudie_Energieeffizienz_in_Rechenzentren.pdf)
- [72] Koomey J.G., 2011. GROWTH IN DATA CENTER ELECTRICITY USE 2005 TO 2010.  
<http://www.mediafire.com/file/zzqna34282fr2f/koomeydatacenterlectuse2011finalversion.pdf>
- [73] DCD, 2011. DCD Industry Census 2011: Forecasting Energy Demand. <http://getontheladder.co.uk/research/energy-demand-2011-12>

- [74] The Green Grid, 2011. „The Green Grid Technical Forum and Members Meeting 2011“ Santa Clara, CA, March 1-2, 2011 <http://www.thegreengrid.org/en/Home/events/tech-forum-2011>
- [75] Dan Azevedo, Jud Cooley, Michael Patterson, Mark Blackburn, 2011. Data Center Efficiency Metrics: mPUE™, Partial PUE, ERE, DCcE [http://www.thegreengrid.org/~media/TechForumPresentations2011/Data\\_Center\\_Efficiency\\_Metrics\\_2011.pdf?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/TechForumPresentations2011/Data_Center_Efficiency_Metrics_2011.pdf?lang=en)
- [76] Dan Azevedo, Christian Belady, Michael Patterson, Jack Pouchet, 2011. Using CUE™ and WUE™ to Improve Operations in Your DataCenter [http://www.thegreengrid.org/~media/TechForumPresentations2011/Using\\_CUE\\_and\\_WUE\\_to\\_Improve\\_Operations\\_in\\_Your\\_Data\\_Center\\_2011.pdf?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/TechForumPresentations2011/Using_CUE_and_WUE_to_Improve_Operations_in_Your_Data_Center_2011.pdf?lang=en)
- [77] Zeydy Ortiz, 2011. The Latest on The Green Grid's Productivity Research [http://www.thegreengrid.org/~media/TechForumPresentations2011/TheLatestonTheGreenGridsProductivityResearch\\_2011.pdf?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/TechForumPresentations2011/TheLatestonTheGreenGridsProductivityResearch_2011.pdf?lang=en)
- [78] The Green Grid, 2011/2. The Green Grid Overview. The Green Grid EMEA Technical Forum 2011. 13 October 2011. Presented by Mark Monroe. [http://www.thegreengrid.org/~media/Presentations/2011EMEAtechForum\\_TheGreenGridOverview.pdf?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/Presentations/2011EMEAtechForum_TheGreenGridOverview.pdf?lang=en)
- [79] The Green Grid, 2011. Recommendations For Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency Version 2 - Measuring PUE for Data Centers (May 2011).. <http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/Data%20Center%20Metrics%20Task%20Force%20Recommendations%20V2%205-17-2011.pdf?lang=en>
- [80] IBM, 2010. Pressemitteilung. Leibniz-Rechenzentrum entscheidet sich für neuen IBM Supercomputer mit Intel® Xeon® Prozessoren der nächsten Generation für anspruchsvolle Forschungsanwendungen. Innovativer, heißwassergekühlter Supercomputer kann bis zu 3 PetaFLOP/s Spitzenleistung bei Inbetriebnahme im Jahr 2012 erbringen. <http://www-03.ibm.com/press/de/de/pressrelease/33222.wss>
- [81] Martin Gysi, 2011. Gleichstrom-Energieverteilungssystem für „grünes“ Rechenzentrum. Technica, 13.07.2011 <http://www.technica-online.ch/artikel/gleichstrom-energieverteilungssystem-fuer-gruenes-rechenzentrum/>
- [82] John Parkinson, 2011. Does DC power win the direct current vs. alternating current debate? [http://searchdatacenter.techtarget.com/tip/Does-DC-power-win-the-direct-current-vs-alternating-current-debate?asrc=EM\\_NLN\\_13018993&track=NL-455&ad=801300HOUSE](http://searchdatacenter.techtarget.com/tip/Does-DC-power-win-the-direct-current-vs-alternating-current-debate?asrc=EM_NLN_13018993&track=NL-455&ad=801300HOUSE)
- [83] EU Code of Conduct for Data Centres [http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative\\_data\\_centers.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data_centers.htm)
- [84] HM Government, 2011. Greening Government: ICT Strategy. A sub strategy of the Government ICT Strategy. March 2011 <http://www.cabinetoffice.gov.uk/sites/default/files/resources/greening-government-ict-strategy.pdf>
- [85] ENERGY STAR Data Center Energy Efficiency Initiatives [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.server\\_efficiency](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency)
- [86] Energy Star, 2011. Most efficient 2011. Eligibility for Recognition Televisions. [http://www.energystar.gov/ia/partners/downloads/Most\\_Efficient\\_Criteria\\_Televisions.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/downloads/Most_Efficient_Criteria_Televisions.pdf)
- [87] Tipten.ch, 2011. Auswahlkriterien Fernseher. [http://www.tipten.ch/deutsch/auswahlkriterien/auswahlkriterien\\_tv.html&fromid](http://www.tipten.ch/deutsch/auswahlkriterien/auswahlkriterien_tv.html&fromid)
- [88] Intel, 2009. ENERGY STAR\* Version 5.0 System Implementation Whitepaper. Published by Intel with technical collaboration from the U.S. Environmental Protection Agency. February 2009 [http://www.energystar.gov/ia/partners/product\\_specs/program\\_reqs/Computers\\_Intel\\_Whitepaper\\_Spec5.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/product_specs/program_reqs/Computers_Intel_Whitepaper_Spec5.pdf)
- [89] SWICO, 2011. Energieetikette für Fernseher. [http://extranet.swico.ch/extranet/userfiles/File/Energy/www.energybrain.ch/SERVICES/Infomaterial/SWICO\\_Energieetikette%20für%20Fernseher.pdf](http://extranet.swico.ch/extranet/userfiles/File/Energy/www.energybrain.ch/SERVICES/Infomaterial/SWICO_Energieetikette%20für%20Fernseher.pdf)
- [90] Martin Streicher-Porte und Jürg Berner, 2011. Internationale Informationen für den Bereich Elektrogeräte. Projektbericht Q1&Q2 2011, 8. September 2011 [http://extranet.swico.ch/extranet/userfiles/File/Energie/2011\\_Q1Q2\\_Internationales.pdf](http://extranet.swico.ch/extranet/userfiles/File/Energie/2011_Q1Q2_Internationales.pdf)
- [91] Martin Streicher-Porte, Jürg Berner und Job Daams, 2011. Internationale Informationen für den Bereich Elektrogeräte. Projektbericht Q3 - Quartalsbericht 2011, 18. Oktober 2011 [http://extranet.swico.ch/extranet/userfiles/File/Energie/2011\\_Q3\\_Internationales\\_V1.pdf](http://extranet.swico.ch/extranet/userfiles/File/Energie/2011_Q3_Internationales_V1.pdf)
- [92] European Commission, 2011. Code of Conduct on Energy Consumption of Broadband Equipment. Version 4, 10 February 2011 <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/CoC%20Broadband%20Equipment/Code%20of%20Conduct%20Broadband%20Equipment%20V4%20final%2010.2.2011.pdf>
- [93] Hanspeter Dolder, 2011. Mobilfunk: Mehr Platz auf der Datenautobahn. BAKOM Infomailing Nr. 24. <http://www.bakom.admin.ch/dokumentation/Newsletter/01315/03573/03582/index.html?lang=de>
- [94] BAKOM, 2011. Ausschreibung von Frequenzblöcken für die Erbringung von Mobilfunkdiensten in der Schweiz. [http://www.bakom.admin.ch/themen/frequenzen/03569/index.html?lang=de&print\\_style=yes](http://www.bakom.admin.ch/themen/frequenzen/03569/index.html?lang=de&print_style=yes)
- [95] NZZ, 2011. Swisscom testet LTE in Davos. Datenvolumen im Mobilfunknetz verdoppelt sich jährlich. 7. November 2011, 15:15, NZZ Online. [http://www.nzz.ch/nachrichten/digital/swisscom\\_lte\\_test\\_davos\\_mobilfunk\\_1.13250185.html](http://www.nzz.ch/nachrichten/digital/swisscom_lte_test_davos_mobilfunk_1.13250185.html)
- [96] Guido Wemans, 2011. Gedränge an der Luftschnittstelle. Aufbau eines Mobilfunknetzes der vierten Generation. 17. November 2011, Neue Zürcher Zeitung [http://www.nzz.ch/nachrichten/digital/gedraenge\\_an\\_der\\_luftschnittstelle\\_1.13337504.html](http://www.nzz.ch/nachrichten/digital/gedraenge_an_der_luftschnittstelle_1.13337504.html)
- [97] Bundesamt für Energie, 2011. Energieeffizienz: Neue Vorschriften für Elektrogeräte. [www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=41819](http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=41819)
- [98] Workshop ÖBU, Sustainable IT, 14. März 2011

- [99] sitic, Enterprise Networking, ETHZ, 31. März 2011  
[http://www.sitic.ch/index.php?id=topicforums&tx\\_communities\\_pi1\[eventid\]=52&no\\_cache=1](http://www.sitic.ch/index.php?id=topicforums&tx_communities_pi1[eventid]=52&no_cache=1)
- [100] 4E Swiss Day, 20. 5.2011 [http://ecweb.redcor.ch/History/Bilder/nl\\_128/nl\\_2011\\_128\\_24\\_4e-konferenz.pdf](http://ecweb.redcor.ch/History/Bilder/nl_128/nl_2011_128_24_4e-konferenz.pdf)
- [101] European Data Centre Summit 2011, 24. 4. 2010, <http://www.google.com/about/datacenters/events/2011-summit.html#>
- [102] Data Center Dynamics Zürich, 25. 5. 2011 [http://www.datacenterdynamics.com/node/51018#presentation\\_playback](http://www.datacenterdynamics.com/node/51018#presentation_playback)
- [103] 1. Green-ICT-Forum Zukunftsfähig dank ICT – Beispiele aus der Praxis, 26. 5.2011 [http://www.swisscom.com/NR-IT/NR/rdonlyres/D88EE723-3619-49E8-90E2-FD8C762EF053/0/GreenICT\\_de.pdf](http://www.swisscom.com/NR-IT/NR/rdonlyres/D88EE723-3619-49E8-90E2-FD8C762EF053/0/GreenICT_de.pdf)
- [104] eceee summer study 2011, 6. - 11. 6. 2011, [http://www.eceee.org/summer\\_study](http://www.eceee.org/summer_study) , <http://proceedings.eceee.org>
- [105] Sustainable IT - Führung von Unternehmen mit ökologisch und sozial verträglicher Informationstechnologie. Veranstaltung der ÖBU, 28. Juni 2011 <http://www.oebu.ch/de/themen/nachhaltigkeitsmanagement/sustainable-it/sustainable-it/>
- [106] Smart Energy Strategies. ESC, Zürich, 21.-23. 9. 2011 [www.esc.ethz.ch/ses11](http://www.esc.ethz.ch/ses11)
- [107] Schweizer Informatik Gesellschaft „Green IT für eine nachhaltige Welt“. Zürich, 27. 9. 2011 <http://greenit.s-i.ch/index.php?page=303>
- [108] ICT4D - The development impact of information and communication technologies. Annual Conference of the North-South Centre. ETHZ, Zürich, 10. 11. 2011  
[http://www.northsouth.ethz.ch/news/past\\_events/denkplatzentwicklung/Oeffentliche\\_Events/Jahrestagung\\_NSC/index](http://www.northsouth.ethz.ch/news/past_events/denkplatzentwicklung/Oeffentliche_Events/Jahrestagung_NSC/index)
- [109] [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) = Biblioite, die Literaturdatenbank des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnologien
- [110] <http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02313/index.html?lang=de> = Liste der Projekte zum Thema Informations- / Kommunikationstechnik des Forschungsprogramms Elektrizitätstechnologien und –anwendungen
- [111] [www.cleantech.admin.ch](http://www.cleantech.admin.ch) = Cleantech – eine Strategie des Bundes für Ressourceneffizienz und erneuerbare Energien
- [112] [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy) = UNEP Green Economy Website
- [113] [www.cio.bund.de](http://www.cio.bund.de) = Bundesregierung Deutschland. Website der Beauftragten der Bundesregierung für Informationstechnik
- [114] [http://www.cio.bund.de/DE/Innovative-Vorhaben/Green-IT/green\\_it\\_node.html](http://www.cio.bund.de/DE/Innovative-Vorhaben/Green-IT/green_it_node.html) Green-IT Initiative des Bundes (Deutschland)
- [115] [www.greenit-conferences.org](http://www.greenit-conferences.org) = Website mit Hinweisen auf Konferenzen zum Thema Green IT
- [116] [www.conferencealerts.com](http://www.conferencealerts.com) = Conference Alerts. Academic Conferences Worldwide
- [117] [www.allconferences.com](http://www.allconferences.com) = Allconferences.com
- [118] [www.gi.de/aktuelles/kalender.html](http://www.gi.de/aktuelles/kalender.html) = Kalender der Gesellschaft für Informatik
- [119] [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch) = Website von Energie Schweiz
- [120] <http://www.bafu.admin.ch/wirtschaft/11350/index.html?lang=de> = Grüne Wirtschaft. Website des BAFU
- [121] <http://greenit.s-i.ch/index.php?section=home> = Website „Mit Green IT zu einer nachhaltigeren Welt“ der Fachgruppe Green IT der Schweizer Informatik Gesellschaft.
- [122] [www.cabinetoffice.gov.uk/resource-library/uk-government-ict-strategy-resources](http://www.cabinetoffice.gov.uk/resource-library/uk-government-ict-strategy-resources) = UK Government ICT Strategy resources
- [123] [www.bcs.org/category/12876](http://www.bcs.org/category/12876) = „Green and Sustainable IT“ der British Computer Society
- [124] [www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=labeled\\_buildings locator](http://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=labeled_buildings locator) = ENERGY STAR Certified Buildings and Plants
- [125] [www.swissinstitute.ch/i/ERFA\\_Gruppe\\_Info\\_Kit\\_100306.pdf](http://www.swissinstitute.ch/i/ERFA_Gruppe_Info_Kit_100306.pdf) = ERFA-Gruppe "IT Engineering & IT Operations"
- [126] [www.sitic.ch](http://www.sitic.ch) = Swiss IT Intelligence Community
- [127] [www.icmf.ch/dotAsset/20862.pdf](http://www.icmf.ch/dotAsset/20862.pdf) = "Information Center und IT-Services Manager Forum Schweiz" (ICMF/ITS)
- [128] [www.top500.org](http://www.top500.org) = Top 500 Supercomputer Site
- [129] [www.green500.org](http://www.green500.org) = The Green500 List
- [130] Aebischer B., 2011. Energieeffizienz und Ökologie in Rechenzentren. Tagung der Gesellschaft zur Förderung der Forschung und Ausbildung in Unternehmenswissenschaften an der ETH Zürich (FG FAU) und der ETH Alumni Engineering & Management (EAEM) in Zusammenarbeit mit der Organisation für Informatik der Stadt Zürich (OIZ). Zürich, 20. Oktober 2011. [http://www.cepe.ethz.ch/research/projects/current/publications/Aebischer\\_OIZ\\_20-10-11\\_f.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/research/projects/current/publications/Aebischer_OIZ_20-10-11_f.pdf)
- [131] Aebischer B., 2011. Der Beitrag von Green IKT zur Energiewende: Facts und Vision. Informationstagung der Schweizer Informatik Gesellschaft „Green IT für eine nachhaltige Welt“. Zürich, 27. September 2011  
[http://www.cepe.ethz.ch/research/projects/current/publications/Aebischer\\_Green-IKT-Energiewende\\_27-9-11\\_final-2.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/research/projects/current/publications/Aebischer_Green-IKT-Energiewende_27-9-11_final-2.pdf)
- [132] Aebischer B., 2011. Green IT. Nachhaltige IT ist mehr als grüne PCs. Studium Generale, 19. Mai 2011. Hochschule Furtwangen University, Furtwangen. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Green-IT\\_19-5-11\\_pdf.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Green-IT_19-5-11_pdf.pdf) Video: <http://mediathek.hs-furtwangen.de/public/056e1a2a75af489781bbad29e9299c84/>
- [133] Pauline Cancela, „Internet, loin d'être virtuel pour la planète". LE COURRIER, JEUDI 29 SEPTEMBRE 2011  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/internet\\_focus.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/internet_focus.pdf)
- [134] Martin Läubli, „Stromeffizienz ohne Wirkung. Trotz sparsameren Geräten und mehr Vorschriften steigt der Bedarf an Strom momentan noch weiter“. Tages-Anzeiger – Donnerstag, 28. April 2011 <http://www.cepe.ethz.ch/publications/die-sechs-huerden-auf-dem-weg-zum-atomausstieg-teil-2-wachstum-des-stromverbrauchs-tagesanzeiger-28042011.pdf>
- [135] Aebischer B., 2010. KOMPETENZZENTRUM ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK. Jahresbericht 2010.  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_jb2010\\_kompetenzzentrum.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_jb2010_kompetenzzentrum.pdf)
- [136] Kirchner A. et al., 2011. Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2010 nach Verwendungszwecken. Bundesamt für Energie. Oktober 2011.  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_411314235.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_411314235.pdf)

- [137] Spreng D. und Hediger W., 1987. Energiebedarf der Informationsgesellschaft. Verlag der Fachvereine Zürich, 1987.
- [138] Aebischer B. et al., 1988. Perspectives de la demande d'énergie en Suisse, 1985-2025. Groupe d'experts scénarios énergétiques. Série de publications no 18. Bern, 1988 (EDMZ no 805.818).
- [139] Lutz C. et al., 1988. Neue gesellschaftliche Prioritäten und Energiepolitik. Groupe d'experts scénarios énergétiques. Série de publications no 15. Bern, 1988.
- [140] GeSI, 2008. SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. [http://www.smart2020.org/assets/files/02\\_Smart2020Report.pdf](http://www.smart2020.org/assets/files/02_Smart2020Report.pdf)
- [141] Neves L., 2009. ICT and Climate Change: The need for a SMART Alliance. Presentation at "2009 ACER CSR Forum" (summary of "smart 2000" Report) <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=dTfIRJ%2faW3g%3d&tabid=37>
- [142] GeSI + BCG, 2009. SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz. <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=X7m82qhz%2f6o%3d&tabid=130>
- [143] von Stokar Th. et al., 2009. IKT und Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz. Im Auftrag von Bundesamt für Kommunikation und das Bundesamt für Raumentwicklung. <http://www.infras.ch/d/news/displaynewsitem.php?id=4068>
- [144] Bundesverwaltung, Medienmitteilung, 19.10.2010. Bundesrat gibt grünes Licht für eine grünere Wirtschaft <http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=35687>
- [145] Aebischer B. und A. Huser, 2000. Vernetzung im Haushalt. Auswirkungen auf den Stromverbrauch [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_haushaltsvernetzung\\_00.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_haushaltsvernetzung_00.pdf)
- [146] Rebecca White, 2005. BACKGROUND DOCUMENT N: A LITERATURE REVIEW OF ASPECTS OF TELEWORKING RESEARCH", Environmental Change Institute, University of Oxford [http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/40house/background\\_doc\\_n.pdf](http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/40house/background_doc_n.pdf)
- [147] Matthews H.S., E. Williams, 2005. Telework Adoption and Energy Use in Building and Transport Sectors in the United States and Japan. JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS © ASCE / MARCH 2005 [http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=JITSE4000011000001000001&idtype=cvips&doi=10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2005\)11:1\(21\)&prog=normal](http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=JITSE4000011000001000001&idtype=cvips&doi=10.1061/(ASCE)1076-0342(2005)11:1(21)&prog=normal)
- [148] Huser A, B. Aebischer, 2002, Energieanalyse FutureLife-Haus, Bundesamt für Energie, Bern. [www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Huser\\_sb\\_energieanalyse\\_futurelife.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Huser_sb_energieanalyse_futurelife.pdf)
- [149] Grieder, Huser, 2005. Smarthome und Energieeffizienz. [http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/sb05\\_smarthome\\_v04bmit-anhang.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/sb05_smarthome_v04bmit-anhang.pdf)
- [150] Grieder Thomas et al., 2008. NEUSTE ENTWICKLUNGEN IM BEREICH INTELLIGENTES WOHNEN UND DES DAMIT VERBUNDENEN STROMVERBRAUCHS Bundesamt für Energie, Bern. <http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009869.pdf>
- [151] Cremer et al., 2003. Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen. Karlsruhe/Zürich, 2003. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/ISI\\_CEPE\\_luK\\_Abschlussbericht.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/ISI_CEPE_luK_Abschlussbericht.pdf)
- [152] Stobbe et al., 2009. Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft. Berlin/Karlsruhe, 2009. [www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/abschaetzung-des-energiebedarfs-der-weiteren-entwicklung-der-informationsgesellschaft.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf](http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/abschaetzung-des-energiebedarfs-der-weiteren-entwicklung-der-informationsgesellschaft.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf)
- [153] Jürg Nipkow, Stefan Gasser, Eric Bush, 2007. Der typische Haushalt-Stromverbrauch. Energieverbrauch von Haushalten in Ein- und Mehrfamilienhäusern. Bulletin SEV/VSE 19/2007. [http://www.aew.ch/internet/aew/de/wissen/informationen/downloads.-ContentLeft-0011-File.File.FileRef.pdf/typischer\\_haushalt-stromverbrauch\\_SEV-VSE-Bulletin\\_19-2007.pdf](http://www.aew.ch/internet/aew/de/wissen/informationen/downloads.-ContentLeft-0011-File.File.FileRef.pdf/typischer_haushalt-stromverbrauch_SEV-VSE-Bulletin_19-2007.pdf)
- [154] Lanzisera, Nordman und Brown, 2010. Data Network Equipment Energy Use and Savings Potential in Buildings. <http://escholarship.org/uc/item/2998x42q.pdf>
- [155] Energy Efficient Strategies, 2010. Standby Power and Low Energy. Networks – issues and directions. (Übersichtsbericht, publiziert im Rahmen des IEA-Annex "4E Standby Power") <http://standby.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0023/Network-Standby-2010-09-final.pdf>
- [156] Corliano und Hufschmid, 2008. Energieverbrauch der mobilen Kommunikation. Bundesamt für Energie. [www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009642.pdf&name=000000280030.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009642.pdf&name=000000280030.pdf)
- [157] EPA, 2007. Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency. Public Law 109-431. U.S. Environmental Protection Agency. ENERGY STAR Program. Washington, August [http://www.energystar.gov/ia/partners/prod\\_development/downloads/EPA\\_Datacenter\\_Report\\_Congress\\_Final1.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf)
- [158] EPA, 2007/2. REPORT TO CONGRESS ON SERVER AND DATA CENTER ENERGY EFFICIENCY. APPENDICES [http://www.energystar.gov/ia/partners/prod\\_development/downloads/EPA\\_Datacenter\\_Report\\_Final\\_Appendices.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Final_Appendices.pdf)
- [159] Chen, A. and W. Tschudi. Energy-Efficient Direct-Current-Powering Technology Reduces Energy Use in Data Centers By Up to 20 Percent. Research News, Berkeley Lab, Berkeley, CA, June 21, 2006 <http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/EETD-DC-power.html>
- [160] Rasmussen N. und J. Spitaels, 2007. A Quantitative Comparison of High Efficiency AC vs. DC Power Distribution for Data Centers. APC White Paper 127. [http://www.apcmedia.com/salestools/NRAN-76TTJY\\_R0\\_EN.pdf](http://www.apcmedia.com/salestools/NRAN-76TTJY_R0_EN.pdf)
- [161] Rejeski D., 2002. Anticipations. In „Sustainability at the speed of light“, Pamlin D. (Edit.). WWF, Sweden (ISBN 91-89272-08-0) [http://assets.panda.org/downloads/wwf\\_ic\\_1.pdf](http://assets.panda.org/downloads/wwf_ic_1.pdf)
- [162] Aebischer B., Mutzner J. und Spreng D., 1994. Strombedarfsentwicklung im Dienstleistungssektor. Bulletin SEV/VSE 16/94
- [163] Aebischer B., Bradke H. und Kaeslin H., 2000. Energie und Informationstechnik. Energiesparer oder Energiefresser?. Bulletin der ETH Zürich, Nr. 276 (January), 40-42.

- [164] Aebischer B., 2007. How to Measure and Foster Energy Efficiency in Data Centres? Ongoing work in Switzerland. Presentation at the second workshop on EU Code of Conduct for Data Centres, IEA, Paris, 2. July  
[http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/Data%20Centers%203%20july2007/Aebischer\\_Paris\\_2-7-07.pdf](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/Data%20Centers%203%20july2007/Aebischer_Paris_2-7-07.pdf)
- [165] Apple, 2011. Product Environmental Reports. [www.apple.com/environment/reports/](http://www.apple.com/environment/reports/)
- [166] Willum O., 2008. Residential ICT related energy consumption which is not registered at the electric meters in the residences. Willum Consult, Kopenhagen, Dänemark.  
<http://orbit.dtu.dk/getResource?recordId=223337&objectId=1&versionId=1>
- [167] IEA-Annex "4E Standby Power", 2011. What has the Annex Achieved – August 2011. Teleconference 11-08-30 - Agenda Item 2. [http://standby.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0049/2011-10-7-Annex\\_Achievements\\_Final\\_Public.pdf](http://standby.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0049/2011-10-7-Annex_Achievements_Final_Public.pdf)
- [168] Aebischer B., 2011. ICT and Energy. Invited presentation at "ICT for a global sustainable Future Symposium" <http://the-paradiso-foundation.org/>, organised by Paradiso Foundation and Club of Rome EU Chapter at KVAB, Palace of Academies, Brussels, December 15, 2011. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Paradiso\\_ClubofRome\\_15-12-11\\_14-12-11.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Paradiso_ClubofRome_15-12-11_14-12-11.pdf)

# **Anhang 3**

## **Jahresbericht 2010**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**

**Jahresbericht** 26. November 2010

---

# **KOMPETENZZENTRUM ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

keine

**Auftragnehmer:**

CEPE (Centre for Energy Policy and Economics)  
ETH Zürich  
Zürichbergstrasse 18  
CH-8032 Zürich  
[www.cepe.ethz.ch](http://www.cepe.ethz.ch)

**Autoren:**

Bernard Aebischer, CEPE, [baebischer@ethz.ch](mailto:baebischer@ethz.ch)

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Michael Moser

**BFE-Programmleiter:** Roland Brüniger

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** 153689 / 30963

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Zusammenfassung

Der Anteil der Informationstechnik am Stromverbrauch in der Schweiz liegt heute zwar erst bei etwa 10%, aber die Zuwachsraten sind insbesondere bei den Endgeräten in den Haushalten und bei der Infrastruktur unter den höchsten aller Stromanwendungen. Weltweit werden viele Studien für einen rationelleren Elektrizitätseinsatz bei Büro- und Unterhaltungselektronik-Geräten durchgeführt und Massnahmen ergriffen, um diese Einsparpotentiale auch umzusetzen. Der Wissensstand und die Produkte verändern sich schnell, der Markt ist global und die Akteure vielfältig. Es ist aufwendig, informiert zu sein und die Übersicht zu bewahren.

Die Schweiz hat in den vergangenen Jahren im Bereich der rationellen Energienutzung bei Informations- und Kommunikationstechnologien weltweit eine führende Rolle gespielt und Einfluss genommen auf die Ausgestaltung internationaler und globaler Energiedeklarationen, freiwillige Vereinbarungen und Labels. Eine aktive Teilnahme an internationalen Aktivitäten und die Verbreitung der nationalen Aktivitäten im Ausland sind wichtige Voraussetzungen, um auch in Zukunft in diesem Feld mitreden zu können. Eine internationale Zusammenarbeit erlaubt nicht nur Doppelspurigkeiten zu vermeiden und Synergien zu nutzen, sie ist unumgänglich, um in diesem Marktsegment wirkungsvoll Einfluss zu nehmen.

Das Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik leistet einen Beitrag zu einem rationelleren Energieeinsatz bei Informationstechnik/Unterhaltungselektronik. Dazu werden in erster Linie die relevanten Informationen im In- und Ausland gesammelt, aufbereitet und verbreitet. Daneben werden umsetzungsorientierte Forschungsthemen analysiert und Forschungsprojekte evaluiert, konzipiert und teilweise selbst durchgeführt.

Das Schwergewicht der Aktivitäten im Jahre 2010 lag wie in den beiden Vorjahren bei Arbeiten zur Förderung der Energieeffizienz bei Rechenzentren. Die Informationsflut zu „Green IT“ wurde so gut wie möglich aufbereitet und an relevante Interessenten weitergeleitet. Wie im Vorjahr wurde der Bereich „Energiesparen mit IT“ verstärkt beobachtet und bearbeitet.

## Projektziele

Das generelle Ziel dieses Projekts ist die Förderung eines rationelleren Energieeinsatzes beim Einsatz der Informationstechnik und beim Gebrauch der Unterhaltungselektronik. Dazu sollen in erster Linie relevante Information gesammelt, aufbereitet und verbreitet werden. Neben den technischen Aspekten sind auch die sozioökonomische und die politische Seite zu berücksichtigen. Bei den Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik handelt es sich um ein internationales Marktsegment und deshalb muss den Ereignissen und Aktivitäten im Ausland eine grosse Bedeutung beigemessen werden, nicht nur um Doppelspurigkeiten möglichst zu vermeiden, sondern auch um Synergien zwischen den Aktivitäten im In- und Ausland zu fördern.

Die Förderung der Energieeffizienz bei den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien durch möglichst konkrete Aktionen soll im Zentrum der Aktivitäten des Kompetenzzentrums stehen. Für das Jahr 2010 hatten wir uns wie im 2009 zum Ziel gesetzt, die Arbeiten in den Bereichen Rechenzentren und mobile Telekommunikation weiter zu führen. Für die Rechenzentren hofften wir, genügend Betreiber von Rechenzentren für ein Benchmarking der Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur zu gewinnen. Durch Grundlagenarbeiten sollten dann Erklärungen vorbereitet werden, wie die Unterschiede bei der Energieeffizienz zu erklären seien. Zu einem späteren Zeitpunkt würden dann Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz ausgearbeitet. Ein Konzept für ein umfassendes Projekt zur Förderung der Energieeffizienz in Rechenzentren könnte dazu den Rahmen bilden.

# Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die durchgeführten Arbeiten lassen sich in die Bereiche Informationsbeschaffung, Beratung und Informationsvermittlung, Trend-Watch-Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ und Expertenaufgaben sowie Vorarbeit für Projektarbeit aufteilen. Die Aufgabe, aus der Flut von Informationen die relevanten Punkte zu isolieren und aus einer Vielzahl von Details eine Übersicht zu gewinnen, ist der anspruchsvollste Teil der Arbeit. Dafür gibt es kein Rezept und es wird in diesem Bericht auch nicht versucht, unser Vorgehen zu beschreiben.

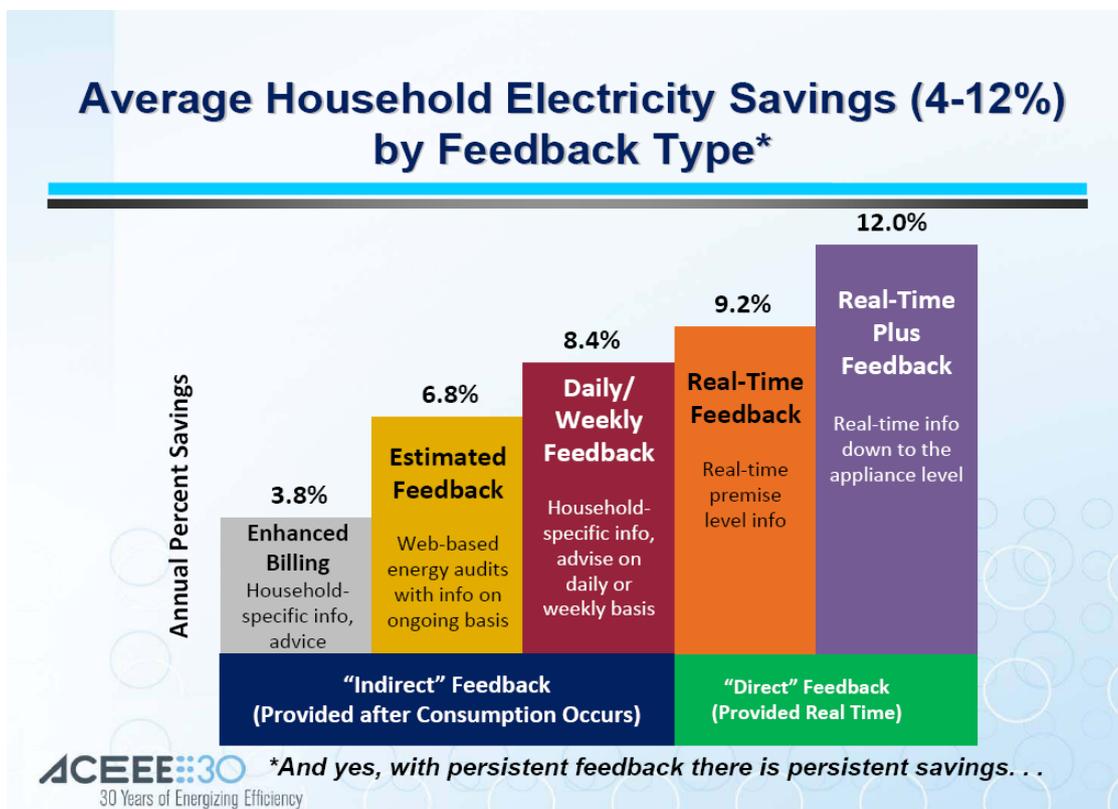
## INFORMATIONSBESCHAFFUNG

Neben der Lektüre von Tagespresse, elektronischen Newsletters, Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Publikationen, der Verfolgung von spezialisierten Websites und der Nutzung persönlicher Kontakte kann für das Jahr 2010 auf die folgenden speziellen Informationsquellen und Informationsbeschaffungsaktivitäten hingewiesen werden:

- Studienberichte, Papers und Artikel [1-88]
- Webseiten, insbesondere solche mit Downloads und weiterführenden Links [97-120]

Drei für Forschung und Politik interessante Studien werden hier kurz vorgestellt:

1. Zu Smart Metering hat der American Council for an Energy Efficient Economy [www.aceee.org](http://www.aceee.org) die Studie „Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities“ [25] publiziert, welche die technische und organisatorische Ausgestaltung und die Ergebnisse von über 50 Projekten in Amerika und in Europa analysiert. Ein „must“ für alle Promotoren und Projektnehmer von „Smart Metering“-Projekten! Die Studie zeigt insbesondere, dass die Art und Weise und die Häufigkeit der Rückmeldungen an den Konsumenten mitentscheidend sind für die Stromeinsparungen (siehe Bild).



Quelle: John A. "Skip" Laitner and Karen Ehrhardt-Martinez, 2010. Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs Presentation [26]

2. In seiner Masterarbeit „Vorschläge zur Optimierung der Serverräume an der ETH Zürich basierend auf einer Kosten- und Energieanalyse“ [51] gibt Ch. Mäder in einem ersten Schritt eine umfassende Darstellung des Stromverbrauchs der Server und der zum Betrieb notwendigen Infrastruktur sowie der Gesamtkosten (TCO ohne Baukosten der Gebäude) dieser Geräte und Anlagen. Der Anteil des Stromverbrauchs der Serverräume (ohne Hochleistungsrechenzentrum CSCS im Tessin) liegt bei 25% des Gesamtstromverbrauchs der ETH (Seite 27). Die Gesamtkosten (ohne CSCS) liegen bei CHF 27 Mio. pro Jahr (Seite 29). Die Aufteilung des Stromverbrauchs nach Anwendung und die Kostenstruktur sind für einzelne Rechenzentren und für typische Serverräume in den Kapiteln 4.2 und 4.4 dargestellt. In Abbildung 21 (Seite 28) sind für die einzelnen RZ die Energiedichte und der PUE-Wert dargestellt.

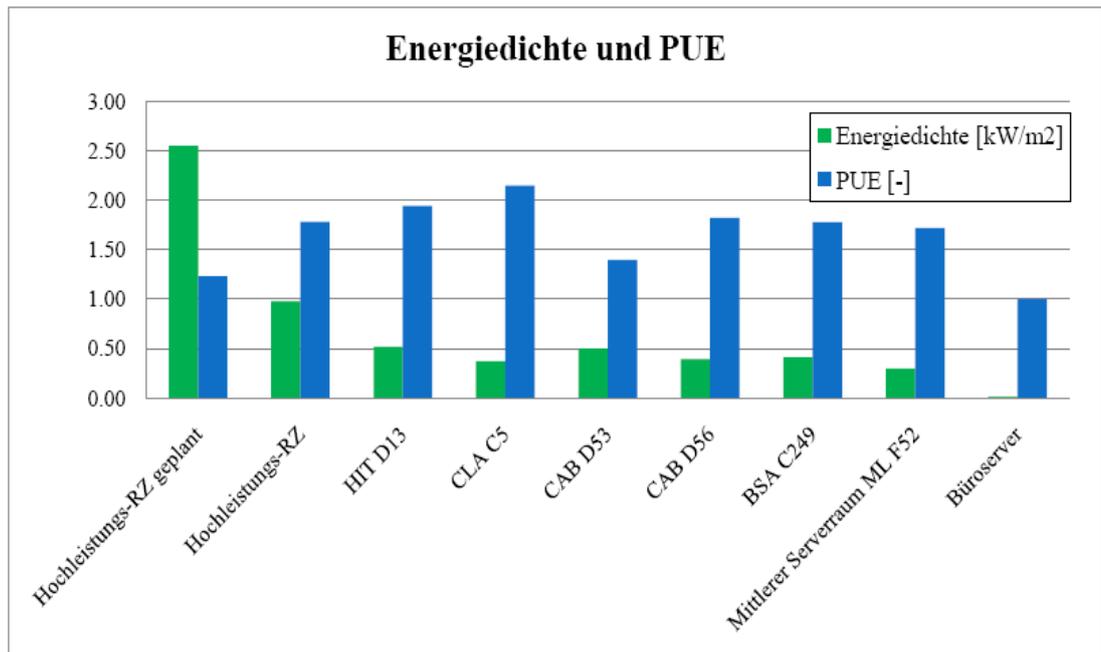


Abbildung 21: Energiedichte und PUE der Raumklassen

Quelle: Ch. Mäder, 2010 [51]

In Abbildung 23 (Seite 29) finden sich für diese Objekte die Indikatoren „Kosten pro Serverraumfläche“ und „Kosten pro IT-Leistung“.

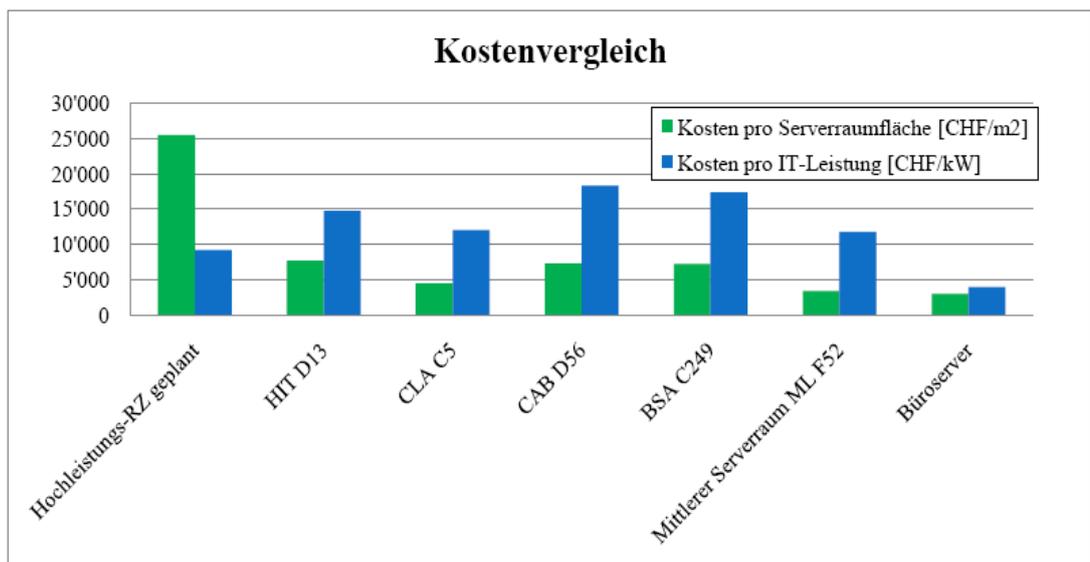


Abbildung 23: Kostenvergleich der Raumklassen

Quelle: Ch. Mäder, 2010 [51]

Um Missverständnisse zu vermeiden, möchte ich hier präzisieren, dass es sich bei diesem letzten Indikator um die „Kosten pro elektrischer Leistung der IT (Server)“ handelt. Im Kapitel 6 (ab Seite 33) macht Ch. Mäder dann Vorschläge und Empfehlungen, wie der Energieverbrauch und die Kosten optimiert werden können. In Abbildung 31 (Seite 4) sind die Sparpotentiale dieser Optimierungsansätze in Abhängigkeit von Aufwand und Realisierbarkeit dargestellt.

3. Im Rahmen der Umsetzung der Strategie des Bundesrates für eine Informationsgesellschaft in der Schweiz haben das Bundesamt für Kommunikation und das Bundesamt für Raumentwicklung die Studie „IKT und nachhaltige Entwicklung in der Schweiz“ [15] publiziert. Die zwei Bundesämter fassen die Ergebnisse auf einer Website zusammen [16]. Unter dem Zwischentitel „Nationale Strategie zu "Grüne IKT" entwickeln und umsetzen“ steht: „Bei den Wirkungen der IKT auf die Umwelt bestehen in der Schweiz viele Einzelmassnahmen oder -programme, es fehlen jedoch eine Gesamtkoordination und gezielte Kopplung der vielfältigen Aktivitäten mit einem übergreifenden Konzept. In Anlehnung an ausländische Strategien sollte der Bund deshalb die sich in Planung befindliche nationale "Grüne IKT"-Strategie vorantreiben. Diese müsste sämtliche Potenziale und Problemfelder wie Energie- und Ressourcenverbrauch, Smart-Technologien, Substitutionsmöglichkeiten abdecken. Damit würde ein Schritt hin zur wünschbaren Gesamtkoordination vorgenommen. Die Strategie würde dazu beitragen, Klarheit zu schaffen, wo derzeit noch eine unübersichtliche Vielfalt an Machbarkeitsstudien, Wirkungsanalysen und Zukunftsvisionen bestehen. Im Rahmen der "Grünen IKT"-Strategie könnten die bestehenden Instrumente und Gremien gestärkt werden (z.B. erhöhte Verbindlichkeiten der Tätigkeiten im Rahmen von RUMBA). Die Strategie wäre vom Bund unter Einbezug der Akteure von Wirtschaft, Forschungsinstitutionen und NGO zu erarbeiten.“

Im Rahmen der EuP-Initiative der EU wurden (und werden weiter) interessante Untersuchungen auch zum Energieverbrauch von verschiedenen Geräten und Komponenten erarbeitet (siehe Europäische Union unter dem Zwischentitel „Deklaration, Labels, Standards“ in diesem Jahresbericht).

## **INFORMATIONSMITTLUNG UND BERATUNG**

Wir beantworteten über 10 Anfragen, die sich auch in diesem Jahr mehrheitlich auf Fragen zu „Data Centres“ und „Green IT“ bezogen.

Die Aufdatierung der elektronischen Literaturdatenbank [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) wurde von Matthias Hofer (CEPE) weitergeführt. Im vergangenen Jahr wurden rund 50 Dokumente neu aufgenommen.

In unregelmässigen Abständen wurden verschiedenen Schweizer Akteuren und Interessenten im Bereich der elektrischen/elektronischen Geräte Informationen zu energie-wirtschaftlichen und –politisch relevanten Ereignissen und Entwicklungen im Inland aber mehrheitlich im Ausland per E-Mail (über 50 Mails) übermittelt.

In einem Vortrag „Green IT und Rechenzentren“ [92] wird die vergangene und zukünftige Entwicklung des Stromverbrauchs von IKT (Informations- und Kommunikationstechnologien) allgemein und von Rechenzentren im Besonderen dargestellt. Der spezifische Energieverbrauch hat sich in der Vergangenheit gewaltig reduziert, wurde aber durch die intensivere Nutzung und durch neue Dienstleistungen längerfristig jeweils überkompensiert. Der Stromverbrauch der Server liegt auch in der Schweiz bei ca. einem Prozent des Landesverbrauchs. Ebenso viel wird für die zentrale Infrastruktur (Stromversorgung und Wärmeabfuhr) der Rechenzentren und Serverräume verwendet. Innerhalb von wenigen Jahren könnten die Energiekosten für den Betrieb dieser Infrastruktur um mehr als CHF 100 Mio. gesenkt werden.

Als Mass für die Energieeffizienz der Infrastruktur hat sich der bereits in den neunziger Jahren in der Schweiz verwendete Indikator DCiE resp. PUE = 1/DCiE international durchgesetzt. Basierend auf dem PUE-Wert wird in den USA seit Mitte 2010 das Qualitätslabel Energy Star für Rechenzentren vergeben. Ob dieses Label auch in der

Schweiz angewendet werden sollte, wurde an einem Anlass von Sitic [107] zur Diskussion gestellt [94]. Bei den Betreibern von Rechenzentren waren die Meinungen geteilt; beim Bundesamt für Energie ist die Einführung nicht vorgesehen.

In vier kurzen Interviews hatte Bernard Aebischer Gelegenheit, Stellung zu verschiedenen Themen zu nehmen:

- im Netzgespräch auf DRS2 [93] und in den Sendungen „Téléjournal“ und „Nouvo“ [95] der Télévision Suisse Romande zur Bedeutung des Konsumenten für das Wachstum des Stromverbrauchs für IKT-Dienstleistungen
- in der Tagesschau des Schweizer Fernsehens zur Kühlung des Supercomputers Aquasar mit heissem Wasser [94]
- im Kommunalmagazin [96] zum umweltfreundlichen IT-Betrieb in den Gemeinden

## **TRENDWATCH GRUPPE „ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNOLOGIEN“**

Wie in den letzten Jahren, hat Alois Huser, Encontrol AG, im Rahmen des Kompetenzzentrums zwei Sitzungen der Trend-Watch-Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ organisiert. Diese Zusammenkunft von Fachleuten bewährt sich als regelmässig stattfindendes Diskussionsforum von Vertretern der Anbieter und Nutzer von Informations- und Kommunikationstechnologien einerseits und von Vertretern des Bundesamtes für Energie, von Beratungsfirmen und Hochschulen andererseits, die sich im Rahmen des Forschungsprogramms Elektrizität mit den energetischen Auswirkungen von Informations- und Kommunikationstechnologien auseinandersetzen. Wurden früher auch laufende Forschungsprojekte begleitet und neue Forschungsrichtungen diskutiert, so dient die Trend-Watch-Gruppe heute vor allem dem Informationsaustausch.

## **EXPERTENAUFGABEN UND VORARBEIT FÜR PROJEKTARBEITEN**

### **Informationsgesellschaft**

Die im letzten Jahresbericht [89] erwähnten Aktivitäten im Rahmen von „Sectoral e-Business Watch“ und „COST Foresight 2030“ endeten mit unterschiedlichem Erfolg:

- die von Bernard Aebischer im Rahmen des Advisory Board begleitete Studie wurde veröffentlicht [1]
- die für Juni 2010 vorgesehene internationale Konferenz, an der die Ergebnisse der COST-Studie vorgestellt werden sollten, hat ohne Erklärung nicht stattgefunden

Bernard Aebischer ist Mitglied der Jury zur Vergabe des Green IT Innovation Award [121]. Die nächste Preisvergabe erfolgt im Rahmen einer Veranstaltung an der neuen ICT-Fachmesse im Mai 2011.

Unter dem Titel „Informationsgesellschaft“ stehen hier die Potentiale und Strategien, was und wie IKT zu einer nachhaltigen und insbesondere energieeffizienten Gesellschaft beitragen kann im Zentrum der Überlegungen. In den achtziger Jahren wurde dazu z.B. im Rahmen der EGES-Arbeiten das Kommunikationsszenario erarbeitet [3-5]. In letzter Zeit wurden zu diesem Thema im In- und Ausland wichtige Arbeiten durchgeführt. Das Thema „Smart Metering“ zählen wir dazu.

Im Jahre 2008 hat die Global e-Sustainability Initiative (GeSI) die oft zitierte Studie „Smart 2020: Enabling the low carbon economy in the information age“ publiziert. In einer Präsentation von Luis Neves werden GeSI und die erwähnte „Smart 2020“-Studie kurz vorgestellt [9]. Weil es eine umstrittene Frage ist, sei hier auf Slide Nr. 14 „ICT's direct footprint“ hingewiesen: die Folie zeigt, dass der Anteil der „grauen“ Emissionen (und der „grauen“ Energie) heute etwa bei 20% liegt und bis 2020 noch leicht zunehmen wird. Ende 2009 wurde ein ergänzender Bericht „SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz“ publiziert [10]. Die Studie zeigt eine Vielzahl von Massnahmen zur Ausschöpfung der theoretischen Potentiale zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen mittels IKT. Das Executive Summary schliesst mit „Es liegt

nun an den Unternehmen und der Regierung, gemeinsam an einem Strang zu ziehen, um die zukunftsweisenden Geschäftskonzepte aufzugreifen und in die Tat umzusetzen. Nur so kann das gemeinsame Ziel einer Bekämpfung des Klimawandels erreicht werden.“

Im Rahmen von "ICT for Sustainable Growth" [97] hat die Europäische Kommission im Jahre 2009 die Empfehlung "Mobilising Information and Communications Technologies to facilitate the transition to an energy-efficient, low-carbon economy" angenommen. Im Frühjahr fand zu diesem Thema die Konferenz „ICT4EE: The Key Event on ICT for Energy Efficiency“ [98] statt. Alle Beiträge können eingesehen werden. "Smart Metering" ist eines der behandelten Themen. An dieser Konferenz wurde auch "The Best ICT4EE Project Award" [99] vergeben. Kürzlich hat der Deutsche Bundestag die Enquête-Kommission „Internet und digitale Gesellschaft“ eingesetzt [100]. In diesem Rahmen soll auch das Thema „Klima-, Umwelt- und ressourcenschonende Gestaltung der Informationstechnik (Green IT)“ behandelt werden.

Hinweise auf (Forschungs-)Konferenzen zum Thema Green IT (weltweit) finden sich auf [www.greenit-conferences.org](http://www.greenit-conferences.org).

In der Schweiz hat der Bundesrat im Jahre 2006 seine ursprüngliche Strategie für eine Informationsgesellschaft aus dem Jahre 1998 aktualisiert [102]. Darin findet sich die Aussage „Mit ihrem Potenzial, durch den Einsatz von Wissen das Wirtschaftswachstum in qualitativer Hinsicht ressourcenschonend zu steigern, leisten die IKT einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz.“ Im Rahmen der Umsetzung des Unterthemas „IKT und nachhaltige Entwicklung in der Schweiz“ wurde im laufenden Jahr vom Bundesamt für Kommunikation und vom Bundesamt für Raumentwicklung die Studie „IKT und nachhaltige Entwicklung in der Schweiz“ [15] publiziert. Im Kapitel Informationsbeschaffung findet sich dazu eine kurze Zusammenfassung.

Im Rahmen der Initiative zur Förderung der E-Economy [17] hat das Eidgenössische Volkswirtschaftsdepartement kürzlich zwei Studien zu den Potentialen von E-Economy publiziert [18 und 19]. Der Bericht „E-Economy - Situation und Potenziale aus volkswirtschaftlicher Sicht“ enthält ein Unterkapitel 5.2.6 „Energie und Umwelt“, wo insbesondere unter 5.2.6.2 „Intelligente Gebäude“ auf die grossen Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz hingewiesen wird. Als wichtigste Massnahme zur Förderung der intelligenten Gebäude sehen die Autoren den Aufbau von intelligenten Netzen. Für mich überraschend, thematisieren die Autoren die potentielle Konkurrenz (und nicht die bekannten Synergien!) zwischen intelligenten Netzen/Gebäuden und der heutigen Energiepolitik: „Die aktuelle Energiepolitik mit der Förderung erneuerbarer Ressourcen und mit dirigistischen Sparmassnahmen absorbiert hohe Investitionskosten und steht so indirekt in Konkurrenz zur Schaffung intelligenter Netze und Gebäude“ (Seite 102). Und entsprechend findet sich im Kapitel 7.2 „Politikempfehlungen“: „Intelligente Netze und intelligente Gebäude ergeben zusammengenommen ein enormes Energie- und Umwelteffizienzsteigerungspotenzial, bedingen aber auch ein hohes Mass an Investitionen. Letzteres gilt auch für die Förderung erneuerbarer Ressourcen in der Energieproduktion sowie für traditionelle Energiesparrmassnahmen, die indessen ein niedrigeres Verbesserungspotenzial aufweisen. Soweit eine Politik intelligenter Netze mit der aktuellen Energie- und Umweltpolitik betreffend Investitionen in Konkurrenz steht, müssten Grundlagen für eine politische Prioritätensetzung geschaffen werden“ (S. 141). Die Autoren weisen zu Recht auf die Potentiale von IKT für einen sparsameren Einsatz von Ressourcen hin. Sie scheinen sich aber der komplexen Wirkungszusammenhänge eines verstärkten Einsatzes von IKT nicht wirklich bewusst zu sein. Ebenso scheinen sie die Synergien zwischen den „traditionellen“ Massnahmen und der IKT-Strategie zu verkennen.

TA-Swiss hat in den letzten Jahren verschiedene wichtige Studien zur Informationsgesellschaft durchgeführt [103]:

- The precautionary principle in the information society
- Effects of Pervasive Computing on Health and Environment
- Die Verselbständigung des Computers
- Das Internet der Zukunft

Im aktuellen Projekt „Internet der Zukunft: Herausforderungen und Perspektiven für die Schweiz“ [104] steht die Auswirkung der Nutzung von IKT auf den Ressourcenverbrauch und den Stromverbrauch zwar nicht im Zentrum; aber in den zwei bisher publizierten Dokumenten [23 und 24] finden sich dazu doch interessante Hinweise.

eZürich – Eine Stadt der Zukunft [119] „ist ein Legislatorschwerpunkt des Zürcher Stadtrats von 2010 bis 2014. In Kooperation mit Wirtschaft, Wissenschaft und Öffentlichkeit soll Zürich zum Innovationspool, zur Pionier- und Modellstadt für Informatik und Kommunikationsdienstleistungen (ICT) werden. ... Mit eZürich wollen wir Zürich international als bevorzugten Standort im Bereich ICT-Dienstleistungen und ICT-Infrastruktur positionieren...“. Unter den vielen Anwendungsmöglichkeiten von IKT und Internet [120] findet sich unter dem Thema „Gesundheit und Umwelt“ auch die Frage „Was kann ICT zur 2000-Watt-Gesellschaft beitragen?“. Wir sind gespannt auf die Antwort(en).

Zu Smart Metering hat der American Council for an Energy Efficient Economy [www.aceee.org](http://www.aceee.org) die Studie „Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities“ [25] publiziert (siehe Kapitel Informationsbeschaffung, Seite 4). Als Ergänzung sind auch zwei eher kritische Papers von Darby [27] und van Dam et al. [28] erwähnenswert.

Angesichts der vielfältigen Aktivitäten und Aussagen, die wir in diesem Kapitel sehr partiell dargestellt haben, können wir uns voll hinter die Aussage der Autoren der Studie „IKT und nachhaltige Entwicklung in der Schweiz“ [15] stellen: „Bei den Wirkungen der IKT auf die Umwelt bestehen in der Schweiz viele Einzelmassnahmen oder -programme, es fehlen jedoch eine Gesamtkoordination und gezielte Kopplung der vielfältigen Aktivitäten mit einem übergreifenden Konzept.“

### **Mobile Kommunikation**

Ab 2011 dürfte in der Schweiz der Aufbau eines oder mehrerer LTE-Netze (Long Term Evolution) beginnen. Das Bundesamt für Kommunikation (Bakom) plant in der ersten Jahreshälfte, entsprechende Funkfrequenzen auszuschreiben.

Wie diese Ausschreibung aussehen wird, ist noch nicht bekannt. Aus energetischer Sicht wäre eine Zusammenarbeit der verschiedenen Telekom-Betreiber sehr sinnvoll. In der Studie von Corliano/Hufschmid [31] finden sich dazu wichtige Aussagen für die Netze der 2. und 3. Generation, die wahrscheinlich auch für das LTE-Netz (4. Generation) gültig sind:

“... Aus technischen Gründen wäre ein CSN (Common Shared Network) die beste Lösung. ... Die Anzahl Zellen und Antennenstandorte wäre bei dieser Lösung am geringsten“ (S. 73) und “... Zusätzlich senkt Network Sharing die mittlere Gesamtendleistung im betrachteten Versorgungsgebiet. Da der Energieverbrauch erheblich von der Anzahl Zellen und (in weniger starkem Masse) von der Sendeleistung abhängt, ist durch ein Common Shared Network auch eine wesentliche Verringerung des Energieverbrauchs zu erwarten“ S. 74.

„... Deutsche Telekom-Unternehmen können sich vorstellen, beim Aufbau des künftigen LTE-Mobilfunknetzes zu kooperieren, wie 'Financial Times Deutschland' berichtet...Drei Mobilfuncker hatten im Frühjahr für insgesamt 3,6 Milliarden Euro LTE-Frequenzen ersteigert. Gemäss Auflage müssen sie die Antennen zuerst in dünn besiedelten Regionen aufbauen - also dort, wo es sich nicht lohnt, Netze mehrfach aufzubauen. Bundesnetzagentur und Kartellamt begrüssen eine Kooperation beim LTE-Aufbau in Deutschland“ [30].

### **Energieeffizienz in Rechenzentren**

Das wichtigste Ereignis im Jahre 2010 ist sicher, dass sich weltweit alle relevanten Akteure und Organisationen im Umfeld der Rechenzentren auf einen Indikator für die Messung der Energieeffizienz der Rechenzentren geeinigt haben [32]. Faktisch handelt es sich um den Indikator  $K = (\text{Energieverbrauch IT}) / (\text{Totaler Energieverbrauch des Rechenzentrums})$ , der in der Schweiz bereits zu Beginn der neunziger Jahre von den Betreibern der grossen Rechenzentren genutzt wurde. In einer Studie [90] für den Kanton Genf wurde dieser Indikator mit C1 bezeichnet ( $C1 = K$ ). Meistens wird heute der inverse Wert von K unter dem Namen PUE (Power Usage Effectiveness) genutzt. Gebräuchlich ist auch der Indikator Data Centre Infrastructure Efficiency  $DCiE = 1 / PUE = K$ . Im Dokument „The Green Grid, 2010,

Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency" Version 1 – Measuring PUE at Dedicated Data Centers, July 15 2010 [53], finden sich die Empfehlungen der Task Force der wichtigsten US-Organisationen, die sich mit der Energieeffizienz der Data Centres beschäftigen, für die Messung und die Berichterstattung des PUE. Es wird unterschieden zwischen PUE0, PUE1, PUE2 und PUE3. Die Methode PUE1 entspricht im Wesentlichen dem vor 2 Jahren von Maucoronel/Willers/Duc [54] erarbeiteten Messkonzept.

PUE ist beschränkt auf das System Rechenzentrum. Eine eventuelle Nutzung der Abwärme ausserhalb des Rechenzentrums wird nicht berücksichtigt. Diese kann mit Hilfe eines zweiten Indikators gemessen werden. Green Grid hat dazu einen kurzen Bericht veröffentlicht „ERE: A METRIC FOR MEASURING THE BENEFIT OF REUSE ENERGY FROM A DATA CENTER“ [55]. Die Berücksichtigung der Abwärme mithilfe der Indikatoren ERF (Energy Reuse Factor) und ERE (Energy Reuse Effectiveness) geht in die richtige Richtung. Diese Indikatoren sagen aber nichts aus über die Qualität der Abwärme, z.B. die Temperatur der Abwärme und den tatsächlichen Nutzen (im Sommer braucht es keine Raumwärme) und die Effizienz der Nutzung (direkte Wärmenutzung oder Nutzung der Abwärme mittels Wärmepumpen; Kälteproduktion, ...). Diese Aspekte spielen natürlich bei der Beurteilung eines Projekts für die Abwärmenutzung eine entscheidende Rolle. Für die Verwendung in einem allgemein akzeptierten Indikator dürfte eine solche umfassende Betrachtungsweise aber noch für längere Zeit zu komplex sein. Darum halte ich den Entscheid der US-EPA, für die Vergabe des EnergyStar Labels einzig auf den PUE-Wert abzustellen, für richtig.

PUE ist nur ein Mass für die Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur. Green Grid [57] und viele weitere Organisationen arbeiten weiter an der Definition eines Indikators, der die erbrachte Dienstleistung (useful work) des Rechenzentrums berücksichtigt.

Zum EU Code of Conduct for Data Centres[105]:

Zu Beginn des Jahres 2010 sind die revidierten Unterlagen zum EU Code of Conduct for Data Centres aufgeschaltet worden. Für einen Einstieg eignet sich das Dokument „Participants guidelines“. Dort findet sich im Annex B.1 auf Seite 13 die Information, dass die Energieeffizienz der Infrastruktur mittels des Indikators DCiE gemessen wird. Weitere Angaben zu den Messungen des Energieverbrauchs finden sich in diesem Dokument im Anhang B.2 und im Kapitel „Data Collection and Analysis“ auf den Seiten 10 und 11. Wer es genauer wissen will, muss in das (nicht sehr user-friendly gestaltete) Excel-Dokument „Reporting form“ einsteigen. Die „The Best Practice Guidelines“ sind sehr gut strukturiert und enthalten eine Vielzahl von Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Jeder Massnahme ist ein „value“ zugeordnet, der die Relevanz dieser Massnahme bewertet. Ambrose McNevin hat einen sehr gut lesbaren Übersichtsartikel in deutscher Sprache „Einführung in den Kodex“ geschrieben [58].

Zum EnergyStar Label für Data Centres [106]:

Am 7. Juni 2010 erfolgte durch die US-EPA die offizielle Ankündigung des Energy Star Labels für Data Centres [59]. Energy Star für Data Centres ist Teil des Programms Energy Star für Gebäude. Die Schweiz (das Bundesamt für Energie) hat eine Vereinbarung mit den USA (Environmental Protection Agency) betreffend der Übernahme von Energy Star für IKT- und Bürogeräte [www.energystar.ch](http://www.energystar.ch). Für Gebäude und somit für Data Centres gibt es aber keine entsprechende Vereinbarung und von Seiten des BFE ist auch keine Initiative in diese Richtung geplant. Die Vergabe von Energy Star für Data Centres basiert auf dem Indikator PUE und obwohl es für Data Centres in der Schweiz keine Labels gibt, kann es für einen Data Centre-Betreiber durchaus Sinn machen, seinen PUE-Wert mit den Anforderungen für den Energy Star Label zu vergleichen. Der Kanton Genf prüft seit einiger Zeit die Möglichkeit, für Data Centres Zielwerte oder sogar Mindestanforderungen für die Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur zu definieren, die auf dem PUE-Wert (genauer auf  $1/PUE$ ) basieren. In der Studie „Energy- and Eco-Efficiency of Data Centers“ [90] wurden dazu (Seiten 54-59) die Vor- und Nachteile von freiwilligen Zielvereinbarungen und von Mindestanforderungen dargestellt.

Zu Sitic (Swiss IT Intelligence Community) [107]:

Im Rahmen der Infrastructure & Operations Community, die auch vom Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnologien unterstützt wird, fanden im Jahre 2010 fünf Veranstaltungen statt [108]. Am Topic Forum "Benchmarking" waren Bernard Aebischer und Alois Huser mit zwei Vorträgen „Energy Star Label für Rechenzentren -- auch in der Schweiz?“ [91] und „Stromeffiziente Rechenzentren durch Sensibilisierung über eine transparente Kostenrechnung“ aktiv beteiligt.

Verschiedenes:

Am 6. Mai wurde Aquasar, ein mit 60° C warmem Wasser gekühlter Supercomputer an der ETH in Betrieb genommen. Die Abwärme wird in das Heizungssystem der ETH eingespielen. Auf ETH Life und auf der News-Seite von IBM Research Zürich finden sich dazu leicht verständliche, gut geschriebene Artikel [61, 62]. Im Rahmen der Sendung 10vor10 hat sogar das Schweizer Fernsehen kurz darüber berichtet [63]. Eine detailliertere Beschreibung des Aquasar-Projekts findet sich auf [64] und im Video [65]; siehe auch den Artikel auf der Website von Scientific American [66]. Informationen zur Grundlagenforschung und –entwicklung für die Kühlung der Chips und zur Abwärmenutzung von Bruno Michel und Kollegen bei IBM Research-Zürich finden sich auf [67, 68]. Einen grundlegenden Blick auf die Kühlung von Rechenzentren gibt Meijer in einem Artikel in Science [69].

Im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen wird das gemeinsam von Amstein + Walthert AG, JOBST WILLERS Engineering AG und von TEP Energy GmbH eingegebene Umsetzungsprogramm „Energieeffizienz für LowEx-Rechenzentren“ mit einer Million Franken dotiert [71].

Die Zertifizierung von Rechenzentren bezüglich Sicherheit und Zuverlässigkeit hat eine lange Tradition. Siehe dazu z.B. den Artikel von Julius Neudorfer „Uptime, TIA and BICSI: Who runs the data center design standards show?“ [72]. Neu ist die Zertifizierung der Energieeffizienz z.B. mittels des Energy Star-Labels in den USA [59]. Seit kurzem bieten nun verschiedene halbstaatliche und private Organisationen und Firmen Zertifikate an, worin neben Sicherheit und Zuverlässigkeit auch die Energieeffizienz berücksichtigt wird. Siehe dazu z.B. das Dossier „Zertifizierung von Rechenzentren“ [73]. Ob sich eines dieser Zertifikate auf dem Markt durchsetzen kann ist ungewiss. Erfreulich ist auf jeden Fall die Tatsache, dass die Energieeffizienz über solche Zertifizierungsprozesse auch bei den CIOs und den IT-Abteilungen und nicht nur von den Betreibern der Infrastruktur und vom Facility Management thematisiert wird.

Christoph Mäder hat in seiner Masterarbeit [51] am Departement MTEC der ETH Zürich die Serverräume an der ETH Zürich analysiert und Vorschläge zur Optimierung der Kosten und des Energieverbrauchs erarbeitet. Siehe mehr dazu im Kapitel Informationsbeschaffung.

Bernard Aebischer hat als Koreferent die Studienarbeit von Andreas Vetter „Die Optimierung von IT-Equipment durch Praktiken der Green IT am Beispiel der F. Hoffmann-La Roche AG“ begleitet.

Alle bisher in diesem Kapitel „Energieeffizienz in Rechenzentren“ erwähnten Informationen bezogen sich auf die Angebotsseite von IT-Dienstleistungen. In Frankreich wurde nun kürzlich eine Initiative gestartet, die Nutzer von IT-Dienstleistungen (Nachfrageseite) anleiten will, wie sie von den Anbietern grüne IT-Dienstleistungen einfordern können [74 und 109].

### **Deklaration, Labels, Standards**

Der Leiter des Kompetenzzentrums hat die Schweiz an zwei Workshops der IEA vertreten: am Network Standby Meeting, 28.-29. April 2010, und am Policy Pathway Workshop "Monitoring, Verification and Enforcement (MVE) issues involved in Appliance, Lighting and Equipment Schemes", 26.-27. April 2010, beide in Paris. Das Network Standby Meeting fand statt im Rahmen des 4E Standby Power Annex [110], der seinerseits Teil des IEA Implementing Agreement for a Co-operating Programme on Efficient Electrical End-Use Equipment (4E) ist [111]. An diesem Workshop wurden 10 Forschungsprojekte definiert, die bis Mai 2011 abgeschlossen werden sollen. Ebenso wurde ein Entwurf für einen Übersichtsbericht „Standby Power and Low Energy. Networks – issues and directions“ diskutiert, der kürzlich publiziert wurde [84]. Ein Ergebnis dieser Untersuchung sei erwähnt:

Der Anteil aller elektronischen Geräte am Gesamtstromverbrauch der Gebäude wird auf 10% geschätzt und der Anteil der Netzwerke allein auf 1% des Gesamtstromverbrauchs der Gebäude. Eine wichtige Grundlage für diese Studie ist das Paper von Steven, Nordman und Brown vom LBNL „Data Network Equipment Energy Use and Savings Potential in Buildings“ [83]. Am Policy Pathway Workshop wurde ebenfalls ein Berichtsentwurf diskutiert, der Ende 2010 publiziert werden soll.

Im laufenden Jahr ging es in diesem Bereich aber wiederum vor allem darum, die Übersicht zu bewahren über internationale Arbeiten und Entwicklungen im Bereich von Energiedeklarationen, Labels, Standards und energie- und umweltrelevanten Programmen, die für die Schweiz relevant sind oder werden können.

Dank der umfassenden Informationsvermittlung von Vertretern der eae/SWICO (Dr. Heinz Beer und Dr. Martin Streicher) und weiteren in EU- und IEA-Aktivitäten involvierten Personen konnte diese Aufgabe gut erfüllt werden. Die Erfahrung zeigt, dass ohne direkten Zugang zu den offiziellen Kanälen die regelmässige Konsultation von ausgewählten Webseiten die beste und aktuellste Informationsquelle darstellt. Wir beschränken uns hier auf Hinweise zum US-Energy Star (die EU-Energy Star-Webseite bezieht sich häufig darauf) und zu ausgewählten Aktivitäten in der Europäischen Union. Informationen zu Energy Star in der Schweiz finden sich auf [www.energystar.ch](http://www.energystar.ch). Einen guten Überblick gibt die Website Gesetze, Labels und Kennzahlen zur Energie [87], die von der eae (Energieagentur Elektrogeräte) aufgebaut und unterhalten wird.

## 1. Energy Star

### 1.1. Allgemein

Aktuelle Spezifikationen (mit Entwicklungsgeschichte)

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.prod\\_development\\_archives](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.prod_development_archives)

Revisions to Existing Specifications

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.revisions\\_specs](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.revisions_specs)

New Product Specifications in Development

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new\\_specs.new\\_prod\\_specs](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new_specs.new_prod_specs)

### 1.2. Computers

Computer Spezifikationen

Die aktuelle Version 5.0 der Spezifikationen ist am 1. Juli 2009 in Kraft getreten.

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.computer\\_spec\\_version\\_5\\_0](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=archives.computer_spec_version_5_0).

In Entwicklung befinden sich die Spezifikationen für Game-Konsolen

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.game\\_console\\_spec](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.game_console_spec)

### 1.3. Imaging Equipment

Spezifikationen [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip\\_spec](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip_spec).

Die Version 1.1 der Spezifikationen ist ebenfalls am 1. Juli 2009 in Kraft getreten.

### 1.4. Server und Data Centres

Die Messverfahren und Kriterien für die Vergabe des Energy Star Labels an Server und an Data Centres finden sich auf

[www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.server\\_efficiency](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency).

Der Entwurf (Draft 1) der neuen Spezifikationen für Computer Servers Version 2.0 findet sich hier: [www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer\\_servers](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer_servers).

## 2. Europäische Union (nicht Energy Star)

Eine Übersicht über die verschiedenen Programme und Aktivitäten der EU findet sich auf <http://ec.europa.eu/energy>

### 2.1. Code of Conduct

Ein Überblick über die realisierten und geplanten Code of Conduct findet sich auf [http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative.htm).

## 2.2. Energy-Using Products (EuP)

Allgemeine Informationen zu EuP finden sich auf:  
[http://ec.europa.eu/enterprise/eco\\_design/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/eco_design/index_en.htm)

Die Richtlinie DIRECTIVE 2009/125/EC kann hier herunter geladen werden: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:EN:PDF>

Der Arbeitsplan für die Periode 2009-2011 findet sich hier: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0660:FIN:en:PDF>.

Detaillierte Informationen zu den Produkten können auf der folgenden Seite eingesehen werden: [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/sustainable-product-policy/ecodesign/product-groups/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/sustainable-product-policy/ecodesign/product-groups/index_en.htm)

Eine gute Zusammenfassung des gesamten EuP-Prozesses und des aktuellen Stands der Aktivitäten findet sich bei ECEEE: [http://www.eceee.org/Eco\\_design/](http://www.eceee.org/Eco_design/) und [http://www.eceee.org/Eco\\_design/products](http://www.eceee.org/Eco_design/products)

Die Idee, möglichst die besten Geräte auszuzeichnen, hat in den letzten Jahren Aufwind bekommen. Das in der Schweiz entwickelte Produkt „Topten“ hat sich in vielen europäischen Ländern ausbreiten können [112] und kürzlich wurde dieses Konzept auch in China [113] und in den USA [114] gestartet.

Auch das Energy Star-Programm in den USA beabsichtigt, in Zukunft neben den guten zusätzlich auch die besten Geräte zu kennzeichnen. In Kapitel 8 (Seite 16) des „Enhanced Program Plan for ENERGY STAR Products“ [60] wurde diese Absicht Ende 2009 veröffentlicht [115]. Ob diese Initiative in der Schweiz auch umgesetzt wird, ist noch nicht entschieden.

## Nationale Zusammenarbeit

Die Sitzungen der Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ sind eine willkommene Gelegenheit für den Informationsaustausch mit Wirtschaftsvertretern. Die Kommunikation und Zusammenarbeit mit der Sektion "Energieeffizienz" des BFE war konstruktiv. Die Teilnahme an der Bilanz-/Strategiekonferenz EnergieSchweiz und an der Bereichskonferenz Elektrogeräte schaffte einen guten Kontakt zu Akteuren des Programms EnergieSchweiz. Mit dem Ziel, Energieaspekte vermehrt in die Diskussion einzubringen, ist das Kompetenzzentrum Mitglied des Gebäude-Netzwerk-Instituts. Der Austausch mit Betreibern von Rechenzentren findet im Rahmen von sitic an Veranstaltungen und an bilateralen Treffen statt.

## Internationale Zusammenarbeit

Auf internationaler Ebene wird der Informationsaustausch mit dem Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) – insbesondere im Bereich der Data Centres - gepflegt. Mit dem ISI der Fraunhofer Gesellschaft in Karlsruhe und mit dem Borderstep Institut in Berlin gab es regelmässige Kontakte. Im Bereich der Rechenzentren wurden mehrmals Informationen mit der Ademe in Frankreich ausgetauscht. Die Zusammenarbeit mit der EU wurde wie im Vorjahr grösstenteils durch den Leiter des Forschungsprogramms, Roland Brüniger wahrgenommen.

## Bewertung 2010 und Ausblick 2011

Die spezifischen Projektziele für 2010: Genügend Betreiber von Rechenzentren für ein Benchmarking der Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur zu gewinnen, Grundlagen vorzubereiten, um die Unterschiede bei der Energieeffizienz zu erklären und in einem späteren Schritt Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz auszuarbeiten, wurden nur teilweise erreicht. Von der geplanten Benchmarking-Initiative in Genf konnten uns noch keine Daten zur Verfügung gestellt werden; die Daten der Serverräume an der ETH waren erst gegen Ende Jahr zugänglich und die Messergebnisse von weiteren Rechenzentren in der chemischen Industrie und im Finanz-/Versicherungssektor sind ungenügend detailliert und zu wenig homogen dokumentiert. Es fehlt tatsächlich ein umfassendes Konzept für ein

Effizienzprogramm, das von einem potenten Interessensvertreter der IT-Industrie oder von einer Bundesstelle unterstützt wird. Unsere Bemühung, das Energy Star-Programm für Data Centres in der Schweiz anzubieten, fand keine Unterstützung. Andererseits wurde die Idee eines Effizienzprogramms für Rechenzentren mindestens von drei Akteuren neu aufgenommen: Die ETH Zürich will ihre Serverräume im kommenden Jahr bezüglich Energie und Kosten optimieren; die EnAW hat an ihren Fachtagungen in der deutschen und französischen Schweiz einen Themenschwerpunkt für die Energieeffizienz bei Rechenzentren abgehalten; im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen wird das Programm „Energieeffizienz für Low-Ex Rechenzentren“ mit einer Million Franken unterstützt. Der Leiter des Kompetenzzentrums hat für alle diese Aktivitäten Inputs geben können.

Die generellen Ziele, relevante internationale Informationen weiter zu geben und Aktivitäten in der Schweiz auch international bekannt zu machen, wurden zu unserer Zufriedenheit erreicht. Dabei ist zu erwähnen, dass die auf internationaler Ebene laufenden Arbeiten und Entwicklungen im Bereich der Energiedeklarationen, Label und Standards nur dank der Informationsvermittlung durch die Herren Heinz Beer und Martin Streicher-Porte von eae/Swico und weiteren auf EU/IEA-Ebene aktiven Personen verfolgt und dokumentiert werden konnte.

Der vorliegende Bericht fasst für das Jahr 2010 die Aktivitäten des Leiters des Kompetenzzentrums im Bereich Energie und Informationstechnik zusammen. Ein grosser Teil dieser Arbeiten war nur möglich dank Synergien mit Aktivitäten, die vom CEPE in Eigenleistung erbracht wurden und dank einem kontinuierlichen Wissensaufbau im Rahmen von anderweitig finanzierten Forschungsprojekten.

Im kommenden Jahr beabsichtigen wir, die für den Bereich Rechenzentren gesetzten Ziele weiter zu verfolgen, aber gleichzeitig verstärkt im Bereich Informationsgesellschaft respektive „IKT zum Energiesparen“ tätig zu sein.

## Referenzen

- [1] European Communities, 2010. ICT and e-Business for an Innovative and Sustainable Economy. 7th Synthesis Report of the Sectoral e-Business Watch (2010). ISBN 978-92-79-14682-4 [http://www.ebusiness-watch.org/key\\_reports/documents/EBR09-10.pdf](http://www.ebusiness-watch.org/key_reports/documents/EBR09-10.pdf)
- [2] Heng S. et al., 2010. Green IT. Mehr als eine Modeerscheinung! Deutsche Bank Research, Frankfurt [http://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD000000000264705.pdf](http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000264705.pdf)
- [3] Spreng D. und Hediger W., 1987. Energiebedarf der Informationsgesellschaft. Verlag der Fachvereine Zürich, 1987.
- [4] Aebischer B. et al., 1988. Perspectives de la demande d'énergie en Suisse, 1985–2025. Groupe d'experts scénarios énergétiques. Série de publications no 18. Bern, 1988 (EDMZ no 805.818).
- [5] Lutz C. et al., 1988. Neue gesellschaftliche Prioritäten und Energiepolitik. Groupe d'experts scénarios énergétiques. Série de publications no 15. Bern, 1988.
- [6] Cabinet Office, 2010. Government ICT Strategy. Smarter, cheaper, greener. January 2010. London [http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/317444/ict\\_strategy4.pdf](http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/317444/ict_strategy4.pdf)
- [7] Fenoglio J., 2010. Mondes virtuels, pollution réelle. Le Monde, N° et date de parution : 202810 - 08/04/2010
- [8] at&t, 2010. Networking for Sustainability: The Network Offset Effect (application of "smart 2000" Report to at&t) [http://www.business.att.com/enterprise/send\\_to\\_colleague/page=thanks/?\\_requestid=478703](http://www.business.att.com/enterprise/send_to_colleague/page=thanks/?_requestid=478703)
- [9] Neves L., 2009. ICT and Climate Change: The need for a SMART Alliance. Presentation at "2009 ACER CSR Forum" (summary of "smart 2000" Report) <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=dTfIRJ%2faW3g%3d&tabid=37>
- [10] GeSI + BCG, 2009. SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz. <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=X7m82qhz%2f6o%3d&tabid=130>
- [11] GeSI, 2010. Evaluating the carbon-reducing impacts of ICT. An assessment methodology. [http://www.gesi.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?tabid=196&Command=Core\\_Download&EntryId=319&PortalId=0&TabId=196](http://www.gesi.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?tabid=196&Command=Core_Download&EntryId=319&PortalId=0&TabId=196)
- [12] The Australian Information Industry Association, 2010. ICT's Role in the Low Carbon Economy. The Role of Information and Communications Technology in Enabling Australia's Transition to a More Sustainable Future. <http://www.aiaa.com.au/docs/AIAA%20and%20the%20ICT%20Industry/Green%20IT%20White%20Paper/AIAA%20Low%20Carbon%20Economy.pdf>
- [13] Hischier R. und Reichart I., 2003. Multifunctional electronic media - Traditional media - The problem of an adequate functional unit - A case study of a printed newspaper, an internet newspaper and a TV broadcast INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT 8: 4. 201-208 <http://www.empa.ch/plugin/template/empa/355/21841/---/Functional-unit-lca.pdf>

- [14] Journal of Industrial Ecology. E-commerce, the Internet and the Environment, 2002. Special Issue. Journal of Industrial Ecology (JIE 6:2) Volume 6 Issue 2 , Pages 1 - 161 (April 2002)  
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/120133161/issue?CRETRY=1&SRETRY=0>
- [15] von Stokar Th. et al., 2009. IKT und Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz. Im Auftrag von Bundesamt für Kommunikation und das Bundesamt für Raumentwicklung. [www.infras.ch/downloadpdf.php?filename=1960a\\_IKT\\_NE\\_Schlussbericht\\_20-12-09.pdf](http://www.infras.ch/downloadpdf.php?filename=1960a_IKT_NE_Schlussbericht_20-12-09.pdf)
- [16] Bakom, 2010. IKT und Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz  
<http://www.bakom.admin.ch/themen/infosociety/03451/index.html?lang=de>
- [17] Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement, 2010. Bund und Wirtschaft lancieren Initiative zur Förderung der E-Economy. Medienmitteilung, 13. September 2010  
[http://www.seco.admin.ch/themen/00476/04308/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCFen53gmym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.seco.admin.ch/themen/00476/04308/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCFen53gmym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)
- [18] Vannoni et al., 2010. eEconomy - Situation und Potenziale aus volkswirtschaftlicher Sicht. Basel, Mai 2010  
[http://www.seco.admin.ch/themen/00476/04308/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCFen54g2ym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.seco.admin.ch/themen/00476/04308/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCFen54g2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)
- [19] Dibbern et al., 2010. Situation und Potenziale aus Sicht IKT eEconomy Vorprojekt Phase III – Aktivität 2. Bern, 16. Juni 2010  
[http://www.seco.admin.ch/themen/00476/04308/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCFen54hGym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.seco.admin.ch/themen/00476/04308/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCFen54hGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)
- [20] Hilty L. und Th. Ruddy, 2010. Sustainable Development and ICT interpreted in a natural science context. Information, Communication & Society, 13: 1, 7 — 22 [http://ewasteguide.info/files/Hilty\\_2010\\_ICs.pdf](http://ewasteguide.info/files/Hilty_2010_ICs.pdf)
- [21] Fuchs Ch., 2008. The implications of new information and communication technologies for sustainability. Environ Dev Sustain (2008) 10:291–309 <http://www.springerlink.com/content/d2652p11505015ml/fulltext.pdf>
- [22] Staub R., 2010. Überblick deutschsprachiger Forschungsaktivitäten im Bereich Home Automation. Forschungsinstitute, Themen, Ergebnisse. Bundesamt für Energie. Ittigen, 4. Februar  
[http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02313/index.html?lang=en&dossier\\_id=04362](http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02313/index.html?lang=en&dossier_id=04362)
- [23] TA-Swiss, 2009. Herausforderung Internet. Eine Auslegeordnung mit wichtigen Themen und Fragen, Informationsbroschüre, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung, TA-P11 IB/2009, Bern, 2009 [http://www.ta-swiss.ch/?redirect=getfile.php&cmd\[getfile\]\[uid\]=229](http://www.ta-swiss.ch/?redirect=getfile.php&cmd[getfile][uid]=229)
- [24] TA-Swiss, 2009. Weiter knüpfen am Netz der Netze. Was Fachleute zum Internet der Zukunft sagen. Bericht von TA-SWISS im Rahmen des Projekts «Internet der Zukunft». TA-SWISS, Bern, November 2009. TA-P 13/2009 [http://www.ta-swiss.ch/?redirect=getfile.php&cmd\[getfile\]\[uid\]=1520](http://www.ta-swiss.ch/?redirect=getfile.php&cmd[getfile][uid]=1520)
- [25] Ehrhardt-Martinez K., Donnelly K. and Laitner "Skip", 2010. Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities. ACEEE, June 26  
<http://www.aceee.org/node/3078?id=131>
- [26] Laitner "Skip" and Ehrhardt-Martinez K., 2010. Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs. Presentation. <http://www.aceee.org/files/pdf/SKP-KEM-Energy-Feedback-Perspectives-Sep-14-2010.pdf>
- [27] Darby S., 2010. Smartmetering: what potential for householder engagement? BUILDING RESEARCH & INFORMATION (2010) 38(5), 442–457 [http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Smart-meter-alone-saves-little\\_Darby\\_2010.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Smart-meter-alone-saves-little_Darby_2010.pdf)
- [28] van Dam S., Bakker C. and van Hal J., 2010. Home energy monitors: impact over the medium-term. Building Research & Information, 38: 5, 458 — 469 [http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Monitorin\\_Impact-medium-term.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Monitorin_Impact-medium-term.pdf)
- [29] Fercu M., Kistler R., 2009. Comparison of energy efficiency solutions for households applying electrical energy measurement of individual consumers. Vergleich verschiedener Effizienzlösungen mit Einzelverbraucherermessung für Haushalte. Bundesamt für Energie, 15. Dezember 2009  
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000010262.pdf&name=000000290099>
- [30] Inside-IT, 2010. LTE: Deutsche Telcos wollen kooperieren [http://www.inside-it.ch/frontend/insideit?\\_d=article&site=ii&news.id=22905](http://www.inside-it.ch/frontend/insideit?_d=article&site=ii&news.id=22905)
- [31] Corliano A. und Hufschmid M., 2008. Energieverbrauch der mobilen Kommunikation  
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009642.pdf&name=000000280030.pdf>
- [32] NN, 2010. Harmonizing Global Metrics for Data Center Energy Efficiency.  
<http://www.thegreengrid.org/en/~/-/media/Press%20Releases/HarmonizingGlobalMetricsforDataCenterEnergyEfficiency2010-02-02.ashx>
- [33] Hintermann R., 2008. Energieeffizienz-Analysen in Rechenzentren. Messverfahren und Checkliste zur Durchführung. Bitkom, Berlin. [http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeffizienz-Analysen\\_in\\_RZ\\_web.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeffizienz-Analysen_in_RZ_web.pdf)
- [34] Cloud Security Alliance, 2010. Top Threats to Cloud Computing V1.0. March 2010  
<http://www.cloudsecurityalliance.org/topthreats/csathreats.v1.0.pdf>
- [35] PSI, 2010. Magnetspeicher der neusten Generation sind 100 000 mal schneller als herkömmliche Festplatten  
<http://www.psi.ch/media/neue-magnetspeicher-schneller-als-herkoemmlische-festplatten>
- [36] Stansberry, 2010. Energy Efficient IT. Chapter 3, 2010 Update Principles of Data Center Infrastructure Efficiency  
[http://viewer.media.bitpipe.com/979246117\\_954/1265058410\\_959/Green-data-center-ch3-0110\\_final.pdf](http://viewer.media.bitpipe.com/979246117_954/1265058410_959/Green-data-center-ch3-0110_final.pdf)
- [37] Stansberry, 2010/2. Energy Efficient IT. Chapter 2, 2010 Update Server-Level Energy-Efficiency Solutions.  
[http://viewer.media.bitpipe.com/1127845385\\_437/1264395948\\_151/ENERGY-EFFICIENT-IT\\_ch2REVISE\\_v5.pdf](http://viewer.media.bitpipe.com/1127845385_437/1264395948_151/ENERGY-EFFICIENT-IT_ch2REVISE_v5.pdf)
- [38] Brey T., 2010. Impact of Virtualization on Data Center Physical Infrastructure. Green Grid, White Paper #27, 4. Februar 2010  
<http://www.thegreengrid.org/~/-/media/TechForumPresentations2010/EffectsofVirtualizationonDataCenterPhysicalInfrastructure.ashx?lang=en>

- [39] Sullivan A., 2010. ENERGY STAR® for Data Centers 4. Februar 2010  
<http://www.thegreengrid.org/~media/TechForumPresentations2010/ENERGYSTARforDataCenters.ashx?lang=en>
- [40] US-EPA, 2010. REPORT TO CONGRESS ON SERVER AND DATA CENTER ENERGY EFFICIENCY. APPENDICES  
[http://www.energystar.gov/ia/partners/prod\\_development/downloads/EPA\\_Datacenter\\_Report\\_Final\\_Appendices.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Final_Appendices.pdf)
- [41] Poess M., Nambiar R.O., 2008. Energy Cost, The Key Challenge of Today's Data Centers: A Power Consumption Analysis of TPC-C Results. PVLDB '08, August 23-28, Auckland, New Zealand [http://www.tpc.org/tpcc/Energy\\_TPCC.pdf](http://www.tpc.org/tpcc/Energy_TPCC.pdf)
- [42] DC - CEP Program, 2009. Energy Training - Assessment Process Manual, LBNL, Berkeley, September 15, 2009  
<http://hightech.lbl.gov/dc-assessment-tools/cep-process-manual.pdf>
- [43] Mauchle P. und Schnyder G., 2010. Rotierende USV-Anlagen und dynamische Energiespeicherung; Vergleich der statischen mit rotierenden USV-Anlagen und Vergleich der dynamischen Energiespeicherung mit Batterieanlagen. Bundesamt für Energie, 29. Januar 2010  
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000010281.pdf&name=000000290105>
- [44] Emerson NetworkPower, 2010. Economizer Fundamentals: Smart Approaches to Energy-Efficient Free-Cooling for Data Centers. A White Paper from the Experts in Business-Critical ContinuityTM  
[http://viewer.media.bitpipe.com/1246912269\\_236/1279044111\\_449/ENP\\_EconomizerFundamentalsWP.pdf](http://viewer.media.bitpipe.com/1246912269_236/1279044111_449/ENP_EconomizerFundamentalsWP.pdf)
- [45] Nebel W. et al., 2009. Untersuchung des Potentials von Rechenzentren-übergreifendem Lastmanagement zur Reduzierung des Energieverbrauchs in der IKT. Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.  
[http://www.offis.de/fileadmin/Chefredakteur\\_files/PDFs/Pressemittellungen/2009-11-19\\_OFFIS-Studie\\_zum\\_Lastmanagement\\_in\\_Rechenzentren\\_Veroeffentlichung.pdf](http://www.offis.de/fileadmin/Chefredakteur_files/PDFs/Pressemittellungen/2009-11-19_OFFIS-Studie_zum_Lastmanagement_in_Rechenzentren_Veroeffentlichung.pdf)
- [46] Greenberg S., Tschudi W., Weale J., 2006. Self Benchmarking Guide for Data Center Energy Performance, Version 1.0. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.  
[http://hightech.lbl.gov/documents/DATA\\_CENTER/self\\_benchmarking\\_guide-2.pdf](http://hightech.lbl.gov/documents/DATA_CENTER/self_benchmarking_guide-2.pdf)
- [47] Greenpeace International, 2010. Make IT Green. Cloud Computing and its Contribution to Climate Change. Amsterdam, March <http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/make-it-green-cloud-computing.pdf>
- [48] Morgan and Claypool, 2009 (Edts.), The Datacenter as a Computer. An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines. <http://www.morganclaypool.com/doi/pdf/10.2200/S00193ED1V01Y200905CAC006>
- [49] Google 2010. Efficient Computing. [www.google.com/corporate/green/datacenters](http://www.google.com/corporate/green/datacenters)
- [50] Ruoff S. and Schanze J. (Edts.), 2007. Green IT – Das grüne Rechenzentrum. Swiss Innovation Outlook. [http://www-05.ibm.com/ch/sio/pdf/GzD5\\_GreenIT07\\_Inh\\_FINAL.pdf](http://www-05.ibm.com/ch/sio/pdf/GzD5_GreenIT07_Inh_FINAL.pdf)
- [51] Mäder Ch., 2010. Vorschläge zur Optimierung der Serverräume an der ETH Zürich basierend auf einer Kosten- und Energieanalyse. Masterarbeit. D-MTEC/ETHZ, Zürich, 25. Oktober 2010  
[http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Masterarbeit\\_Christoph\\_Maeder.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Masterarbeit_Christoph_Maeder.pdf)
- [52] Mäder Ch., 2010. Vorschläge zur Optimierung der Serverräume an der ETH Zürich basierend auf einer Kosten- und Energieanalyse. Anhang der Masterarbeit D-MTEC/ETHZ, Zürich, 25. Oktober 2010  
[http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Anhang\\_der\\_Masterarbeit\\_von\\_Christoph\\_Maeder.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Anhang_der_Masterarbeit_von_Christoph_Maeder.pdf)
- [53] The Green Grid, 2010. Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency. Version 1 – Measuring PUE at Dedicated Data Centers. 15 July 2010  
<http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/RecommendationsforMeasuringandReportingOverallDataCenterEfficiency2010-07-15.ashx?lang=en>
- [54] Maucoronel C., Willers J., Duc P.-J., 2008. Standardized energy measurement concept for data centers and their infrastructures. [www.biblioite.ethz.ch/downloads/Measurement-concept\\_DCiE\\_10-2-09.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Measurement-concept_DCiE_10-2-09.pdf)
- [55] The Green grid, 2010. ERE: A METRIC FOR MEASURING THE BENEFIT OF REUSE ENERGY FROM A DATA CENTER. WHITE PAPER #29. [http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/ERE\\_WP\\_101510\\_v2.ashx?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/ERE_WP_101510_v2.ashx?lang=en)
- [56] Neodorfer J. and Ohlhorst F., 2010. Data Center Efficiency, Metrics and Methods.  
[http://viewer.media.bitpipe.com/979246117\\_954/1279665297\\_327/Handbook\\_SearchDataCenter\\_efficiency-metrics\\_final.pdf](http://viewer.media.bitpipe.com/979246117_954/1279665297_327/Handbook_SearchDataCenter_efficiency-metrics_final.pdf)
- [57] Haas J. et al., 2009. PROXY PROPOSALS FOR MEASURING DATA CENTER PRODUCTIVITY. The Green Grid, WHITE PAPER #17 <http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White%20Paper%2017%20-%20Proxies%20Proposals%20for%20Measuring%20Data%20Center%20Efficiencyv2.ashx?lang=en>
- [58] McNevin A., 2010. Einführung in den Kodex.  
<http://www.datacenterdynamics.com/ME2/Audiences/dirmod.asp?sid=&nm=&type=Publishing&mod=Publications%3A%3AArticle&mid=8F3A7027421841978F18BE895F87F791&tier=4&id=B177011C56B14DA49D50B07A87C7C909&AudID=FB355E19933B47E381D786DD1D601043>
- [59] DataCenter Dynamics, 2010. US EPA releases Energy Star rating for data centers.  
<http://www.datacenterdynamics.com/ME2/dirmod.asp?sid=AC7851064978479081E1821DB624320D&nm=DCD+RSS+News&type=news&mod=News&mid=9A02E3B96F2A415ABC72CB5F516B4C10&tier=3&nid=2BF791561C7242A3A22D5EC7DA9CA79D>
- [60] EPA, 2009. Enhanced Program Plan for ENERGY STAR Products, December 2 2009.  
[http://www.energystar.gov/ia/partners/downloads/mou/Enhanced\\_Program\\_Plan\\_for\\_ENERGY\\_STAR\\_Products.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/downloads/mou/Enhanced_Program_Plan_for_ENERGY_STAR_Products.pdf)
- [61] ETH life, 2010. Wasser marsch für Aquasar. [http://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/100507\\_aquasar\\_mm/index](http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/100507_aquasar_mm/index)
- [62] IBM Research News, 2010. Aquasar ist in Betrieb. IBM und ETH Zürich bauten wassergekühlten Supercomputer. Zürich, 6. Mai <http://www.zurich.ibm.com/news/10/aquasar.html>
- [63] SF, 2010. Innovatives Kühlsystem für Computer der ETH. <http://www.videoportal.sf.tv/video?id=62c47977-201b-4ff1-95ed-97a482ba4849>

- [64] IBM Research Top Story, 2010. IBM and ETH Zurich unveil plan to build new kind of water-cooled supercomputer. Direct reuse of waste heat. Aims to cut energy consumption by 40% and carbon-dioxide emissions by up to 85%. <http://www.zurich.ibm.com/news/09/zed.html>
- [65] You Tube, 2010. Aquasar Supercomputer <http://www.youtube.com/watch?v=FbGyAXsLzlc>
- [66] Greenemeier L., 2010. Warm Water Flowed Through Supercomputers to Cool Down Their Heat. IBM experiments with a liquid cooling system that moves heat away from sensitive computer components without chillers, cutting energy costs in half. Scientific American, April 15, 2010 <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=microchannel-warm-liquid-cooling>
- [67] IBM Research, 2010/2. Chip cooling. <http://www.zurich.ibm.com/st/cooling/>
- [68] IBM Research, 2010/3. Zero-emission datacenter. <http://www.zurich.ibm.com/st/energy/zeroemission.html>
- [69] Meijer G.I., 2010. Cooling Energy-Hungry Data Centers. Science 16 April 2010: Vol. 328. no. 5976, pp. 318 – 319. DOI: 10.1126/science.1182769 <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/328/5976/318>
- [70] Stahl S. und Schlegel A., 2009. Wärmerückgewinnung in USV-Anlagen. Analyse einer Erstanlage und Potentialabschätzung. Forschungsprogramms Elektrizitätstechnologien und –anwendungen des Bundesamtes für Energie, Bern, 27. November <http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=00000010261.pdf&name=000000290098>
- [71] Prokilowatt, 2010. Wettbewerbliche Ausschreibungen für Stromeffizienz 2011 – Kurzbeschreibungen Programme 2010 [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_963699354.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_963699354.pdf)
- [72] Neudorfer J., 2010. Uptime, TIA and BICSI: Who runs the data center design standards show? <http://searchdatacenter.techtarget.com/tip/Uptime-TIA-and-BICSI-Who-runs-the-data-center-design-standards-show>
- [73] Sicherheitsberater, 2010. Dossier: Zertifizierung von Rechenzentren, Ausgabe 14/15 [http://www.sicherheitsberater.de/ausgabe\\_dossier.php?id=279&PHPSESSID=91l7q8fpgbdqpfvrfutkgnid4](http://www.sicherheitsberater.de/ausgabe_dossier.php?id=279&PHPSESSID=91l7q8fpgbdqpfvrfutkgnid4)
- [74] Cigref, 2010. Du Green IT aux SI eco-responsables [http://www.cigref.fr/cigref\\_publications/RapportsContainer/Parus2010/Du\\_Green\\_IT\\_aux\\_SI\\_eco-responsables\\_2010\\_CIGREF.pdf](http://www.cigref.fr/cigref_publications/RapportsContainer/Parus2010/Du_Green_IT_aux_SI_eco-responsables_2010_CIGREF.pdf)
- [75] ESIA et al., 2009. ITRS (INTERNATIONAL TECHNOLOGY ROADMAP FOR SEMICONDUCTORS) 2009 EDITION. EXECUTIVE SUMMARY. [http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters\\_2009Tables/2009\\_ExecSum.pdf](http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters_2009Tables/2009_ExecSum.pdf) and more: <http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/Home2009.htm>
- [76] ESIA et al., 2009. ITRS (INTERNATIONAL TECHNOLOGY ROADMAP FOR SEMICONDUCTORS) 2009 UPDATE. SYSTEM DRIVERS [http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters\\_2009Tables/2009\\_SysDrivers.pdf](http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters_2009Tables/2009_SysDrivers.pdf)
- [77] ESIA et al., 2009. ITRS (INTERNATIONAL TECHNOLOGY ROADMAP FOR SEMICONDUCTORS) 2009 EDITION. ENVIRONMENT, SAFETY, AND HEALTH [http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters\\_2009Tables/2009\\_ESH.pdf](http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters_2009Tables/2009_ESH.pdf)
- [78] Computerworld, 2010. Dank Schweizer Forschern zum Null-Watt-PC. 27.10.2010 <http://www.computerworld.ch/aktuell/news/52706/index.html>
- [79] BITKOM, 2009. Empfehlungen für die umweltfreundliche Beschaffung von Notebooks. Leitfaden. Version 1.0 (Mai 2009) [http://www.itk-beschaffung.de/fileadmin/itk/frei/lf\\_notebook\\_umwelt\\_de\\_v1.pdf](http://www.itk-beschaffung.de/fileadmin/itk/frei/lf_notebook_umwelt_de_v1.pdf)
- [80] BITKOM, 2009. Empfehlungen für die umweltfreundliche Beschaffung von Desktop-PCs. Leitfaden. [http://www.pcglob.org/files/UBA\\_Umweltempfehlungen\\_PC.pdf](http://www.pcglob.org/files/UBA_Umweltempfehlungen_PC.pdf)
- [81] Fanara A. et al., 2010. The State of Energy and Performance Benchmarking for Enterprise Servers [http://www.energystar.gov/ia/partners/prod\\_development/downloads/State\\_of\\_Energy\\_and\\_Performance\\_Benchmarking\\_for\\_Enterprise\\_Servers\\_Final.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/State_of_Energy_and_Performance_Benchmarking_for_Enterprise_Servers_Final.pdf)
- [82] AEA/Intertek, 2010. Lot 3 Sound and Imaging Equipment . Building on the Eco-design Directive, EuP Group. Final Task 1–7 Report. Report to the European Commission DG ENTR. September 2010 <http://www.ecomultimedia.org/assets/Uploads/Task-Reports-and-work-docs/EuP-Lot3-Final-Task-1-7-Reportpdf.pdf>
- [83] Steven L., Nordman B., Brown R., 2010. Data Network Equipment Energy Use and Savings Potential in Buildings. 2010 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings <http://escholarship.org/uc/item/2998x42q.pdf>
- [84] Harrington L. and Nordman B., 2010. Standby Power and Low Energy Networks – issues and directions. IEA, 4E-Annexe\_Standby-Power, September <http://standby.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0023/Network-Standby-2010-09-final.pdf>
- [85] Obermair Ch., Xie F.-Q. and Schimmel Th., 2010. The Single-Atom Transistor: perspectives for quantum electronics on the atomic-scale. Europhysics News Vol. 41, No. 4, 2010, pp. 25-28. <http://www.europhysicsnews.org/articles/eprn/pdf/2010/04/eprn2010414p25.pdf>
- [86] Aebischer B., 1996. Rationellere Energieverwendung beim Einsatz von Computern. Proceedings der Fachtagung SI-WORK '96 "Workstations und ihre Anwendungen". Zürich 14.-15. Mai 1996. vdf-Verlag, 1996 (ISBN: 3 7281 2342 0) [http://books.google.ch/books?id=BT0-9zGRjMEC&pg=PA365&lpq=PA365&dq=%22Bernard+Aebischer%22&source=bl&ots=FUCVgoV0UU&sig=9EN1r8bFfRdzmumBan-RRJcRO9EM&hl=de&ei=8szqS9TQHdGNONT8hb8L&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAUQ6AEwADgo#v=onepage&q=%22Bernard%20Aebischer%22&f=false](http://books.google.ch/books?id=BT0-9zGRjMEC&pg=PA365&lpq=PA365&dq=%22Bernard+Aebischer%22&source=bl&ots=FUCVgoV0UU&sig=9EN1r8bFfRdzmumBan-RRJcRO9EM&hl=de&ei=8szqS9TQHdGNONT8hb8L&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAUQ6AEwADgo#v=onepage&q=%22Bernard%20Aebischer%22&f=false)
- [87] eae, 2010. Gesetze, Labels und Kennzahlen zur Energie. <http://www.energybrain.ch/experten/experten.asp>
- [88] IIIIEE, 2010. DESIGNING GREENER ELECTRONIC PRODUCTS: BUILDING SYNERGIES BETWEEN EU PRODUCT POLICY INSTRUMENTS OR SIMPLY PASSING THE BUCK? <http://www.eeb.org/EEB/index.cfm?LinkServID=66030392-BF80-2CAC-B5335569F1526F90&showMeta=0>
- [89] Aebischer B., 2009. KOMPETENZZENTRUM ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK. Jahresbericht 2. Dezember 2009 [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_ib2009\\_Kompetenzzentrum.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_ib2009_Kompetenzzentrum.pdf)

- [90] Aebischer B., Frischknecht R., Genoud Ch., Huser A. und Varone F., 2003. Energy- and Eco-Efficiency of Data Centers. Study commissioned by DIAE/ScanE of the Canton of Geneva, Geneva, January.  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_data\\_centres\\_final\\_report\\_05012003.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_data_centres_final_report_05012003.pdf)
- [91] Aebischer B., 2010. Energy Star Label für Rechenzentren – auch in der Schweiz? Präsentation am Sitic Topic Forum „Benchmarking“, CEPE/ETHZ, 18. März 2010, Zürich. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_sitic\\_18-3-10.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_sitic_18-3-10.pdf)
- [92] Aebischer B., 2010. Green IT und Rechenzentren. Präsentation an der Tagung der ERFA-Gruppe „IT Engineering & IT Operations“, IBM-ISL, 16. März 2010, Rüslikon. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_SIS\\_16-3-10.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_SIS_16-3-10.pdf)
- [93] Thomas Hägler, Kurzinterview mit B. Aebischer im Rahmen des Netzgesprächs „Klimasünder Google, Facebook & Co“, Netzgespräch auf Radio DRS2 vom Di, 16. März 2010.  
<http://www.drs2.ch/www/de/drs2/sendungen/netzgespraech/106545.sh10127465.html>
- [94] Christian Bachmann, Kürzestinterview mit B. Aebischer im Rahmen des Beitrags „Innovatives Kühlsystem für Computer der ETH“ ausgestrahlt in der Nachrichtensendung „10 vor 10“ des Schweizer Fernsehens SF1 vom 6. Mai 2010.  
<http://videoportal.sf.tv/video?id=62c47977-201b-4ff1-95ed-97a482ba4849>
- [95] Yann Dieuaide, Interview mit B. Aebischer im Rahmen des Berichts „Le virtuel : ça pollue !“  
<http://www.nouvo.ch/2010/05/le-virtuel-%C3%A7-pollue>. Dieser Bericht wurde am 15. Mai ausgestrahlt in der Sendung „Téléjournal“ der Télévision Suisse Romande (TSR 1) unter dem Titel „Les requêtes sur Internet consomment de grandes quantités d'énergie.“ <http://www.tsr.ch/video/info/journal-19h30/1964449-les-requetes-sur-internet-consomment-de-grandes-quantites-d-energie.html#id=1964449> und am 21. Mai auf TSR2 im Rahmen des Magazins Nouvo  
<http://www.nouvo.ch/2010/05/emission-du-21-mai-2010>
- [96] Michael Staub, Interview mit B. Aebischer, „Die Menschen spielen die wichtigere Rolle“, wird zum Thema „Green IT: Wie kommt man zur umweltverträglichen Gemeindefinformatik?“ erscheinen in der Juni-Nummer des Kommunalmagazins  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_km\\_greenit.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_km_greenit.pdf)
- [97] „ICT for Sustainable Growth“ der Europäischen Kommission  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/sustainable\\_growth/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/index_en.htm)
- [98] ICT4EE: The Key Event on ICT for Energy Efficiency, February 23rd - 24th 2010, Brussels  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/events/ict4ee/2010/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/events/ict4ee/2010/index_en.htm) (allgemein)  
<http://webcast.ec.europa.eu/eutv/portal/archive.html?viewConference=8511&catId=8390> (alle Präsentationen)
- [99] The Best ICT4EE Project Award: [http://ec.europa.eu/information\\_society/events/ict4ee/2010/award/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/events/ict4ee/2010/award/index_en.htm)
- [100] Enquête Kommission Internet und digitale Gesellschaft <http://www.bundestag.de/internetenquete/index.jsp>
- [101] (Forschungs-)Konferenzen zum Thema Green IT (weltweit) [www.greenit-conferences.org](http://www.greenit-conferences.org) .
- [102] Bundesrat: Strategie für eine Informationsgesellschaft in der Schweiz:  
[http://www.bakom.admin.ch/themen/infosociety/00695/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6i0NTU042i2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yyq2Z6gpJCDdX95e2ym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.bakom.admin.ch/themen/infosociety/00695/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6i0NTU042i2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yyq2Z6gpJCDdX95e2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)
- [103] TA-Swiss. Virtuelle Welt ist längst real. <http://www.ta-swiss.ch/projekte/informationsgesellschaft>
- [104] TA-Swiss. Das Internet der Zukunft: Herausforderungen und Perspektiven für die Schweiz <http://www.ta-swiss.ch/?uid=23>
- [105] EU Code of Conduct for Data Centres [http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative\\_data\\_centers.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data_centers.htm)
- [106] EnergyStar Label für Data Centres [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.server\\_efficiency](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency)
- [107] Sitic (Swiss IT Intelligence Community) [www.sitic.ch](http://www.sitic.ch)
- [108] Sitic, Infrastructure & Operations Community, Topic Forums <http://www.sitic.ch/community/co-infra-op/co-co-in-op-tf>
- [109] La Greenethiquette [www.greenethiquette.fr](http://www.greenethiquette.fr)
- [110] 4E Standby Power Annex [www.iea-4e.org/annexes/standby-power](http://www.iea-4e.org/annexes/standby-power)
- [111] 4E - Efficient Electrical End-Use Equipment [www.iea-4e.org](http://www.iea-4e.org)
- [112] Topten.Info. Best products of Europe [www.topten.info](http://www.topten.info)
- [113] Top10 China.cn [www.top10china.cn/english.html](http://www.top10china.cn/english.html)
- [114] TopTen USA [www.toptenusa.org](http://www.toptenusa.org)
- [115] ENERGY STAR Top Tier Proposal [www.energystar.gov/index.cfm?c=partners.top\\_tier\\_proposal](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=partners.top_tier_proposal)
- [116] Website von ITRS = International Technology Roadmap for Semiconductors: [www.itrs.net](http://www.itrs.net)
- [117] Website von INEMI = International Electronics Manufacturing Initiative: [www.inemi.org](http://www.inemi.org)
- [118] Website von IDC: [www.idc.com](http://www.idc.com)
- [119] eZürich – Eine Stadt der Zukunft <http://www.ezuerich.ch>
- [120] Digitales Zürich [www.ezuerich.ch/digitalisierung](http://www.ezuerich.ch/digitalisierung)
- [121] Green IT Innovation Reward [www.green-it-award.ch/html/award.htm](http://www.green-it-award.ch/html/award.htm)

# **Anhang 4**

## **Jahresbericht 2009**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

**Jahresbericht 30. November 2009**

---

# **KOMPETENZZENTRUM ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNIK**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

keine

**Auftragnehmer:**

CEPE (Centre for Energy Policy and Economics)  
ETH Zürich  
Zürichbergstrasse 18  
CH-8032 Zürich  
[www.cepe.ethz.ch](http://www.cepe.ethz.ch)

**Autoren:**

Bernard Aebischer, CEPE, [baebischer@ethz.ch](mailto:baebischer@ethz.ch)

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Michael Moser

**BFE-Programmleiter:** Roland Brüniger

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** 153689 / 30963

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.



# Zusammenfassung

Der Anteil der Informationstechnik am Stromverbrauch in der Schweiz liegt heute zwar erst bei etwa 1 0%, aber die Zuwachsraten sind insbesondere bei den Endgeräten in den Haushalten und bei der Infrastruktur unter den höchsten aller Stromwendungen. Weltweit werden viele Studien für einen rationelleren Elektrizitätseinsatz bei Büro- und Unterhaltungselektronikgeräten durchgeführt und Massnahmen ergriffen, um diese Einsparpotentiale auch umzusetzen. Der Wissensstand und die Produkte verändern sich schnell, der Markt ist global und die Akteure vielfältig. Es ist aufwendig, informiert zu sein und die Übersicht zu bewahren.

Die Schweiz hat in den vergangenen Jahren im Bereich der rationellen Energienutzung bei Informations- und Kommunikationstechnologien weltweit eine führende Rolle gespielt und Einfluss genommen auf die Ausgestaltung internationaler und globaler Energiedeklarationen, freiwillige Vereinbarungen und Labels. Eine aktive Teilnahme an internationalen Aktivitäten und die Verbreitung der nationalen Aktivitäten im Ausland sind wichtige Voraussetzungen, auch in Zukunft in diesem Feld mitreden zu können. Eine internationale Zusammenarbeit erlaubt nicht nur Doppelspurigkeiten zu vermeiden und Synergien zu nutzen, sie ist unumgänglich, um in diesem Marktsegment wirkungsvoll Einfluss zu nehmen.

Das Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik leistet einen Beitrag zu einem rationelleren Energieeinsatz bei Informationstechnik/Unterhaltungselektronik. Dazu werden in erster Linie die relevanten Informationen im In- und Ausland gesammelt, aufbereitet und verbreitet. Daneben werden umsetzungsorientierte Forschungsthemen analysiert und Forschungsprojekte evaluiert, konzipiert und teilweise selbst durchgeführt.

Noch mehr als im Vorjahr lag das Schwergewicht der Aktivitäten im Jahre 2009 bei Arbeiten zur Förderung der Energieeffizienz bei Rechenzentren. Die Informationsflut zu „Green IT“ wurde so gut wie möglich aufbereitet und an relevante Interessenten weitergeleitet. Verstärkt wurde der Bereich „Energiesparen mit IT“ beobachtet und bearbeitet.

## Projektziele

Das generelle Ziel dieses Projekts ist die Förderung eines rationelleren Energieeinsatzes beim Einsatz der Informationstechnik und beim Gebrauch der Unterhaltungselektronik. Dazu soll in erster Linie relevante Information gesammelt, aufbereitet und verbreitet werden. Neben den technischen Aspekten sind auch die sozioökonomische und die politische Seite zu berücksichtigen. Bei den Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik handelt es sich um ein internationales Marktsegment und deshalb muss den Ereignissen und Aktivitäten im Ausland eine grosse Bedeutung beigemessen werden – nicht nur um Doppelspurigkeiten möglichst zu vermeiden, sondern auch um Synergien zwischen den Aktivitäten im In- und Ausland zu fördern.

Die Förderung der Energieeffizienz bei den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien durch möglichst konkrete Aktionen soll im Zentrum der Aktivitäten des Kompetenzzentrums stehen. Für das Jahr 2009 hatten wir uns zum Ziel gesetzt, die Arbeiten in den Bereichen Rechenzentren und mobile Telekommunikation weiter zu führen. Für die Rechenzentren hofften wir genügend Betreiber von Rechenzentren für ein Benchmarking der Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur zu gewinnen. Durch Grundlagenarbeiten sollten dann Erklärungen vorbereitet werden, wie die Unterschiede bei der Energieeffizienz zu erklären seien. Und zu einem späteren Zeitpunkt würden dann Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz ausgearbeitet.

# Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die durchgeführten Arbeiten lassen sich in die Bereiche Informationsbeschaffung, Beratung und Informationsvermittlung, Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ und Expertenaufgaben und Vorarbeit für Projektarbeit aufteilen. Die Aufgabe, aus der Flut von Informationen die relevanten Punkte zu isolieren und aus einer Vielzahl von Details eine Übersicht zu gewinnen, ist der anspruchsvollste Teil der Arbeit. Dafür gibt es kein Rezept und es wird in diesem Bericht auch nicht versucht, unser Vorgehen zu beschreiben.

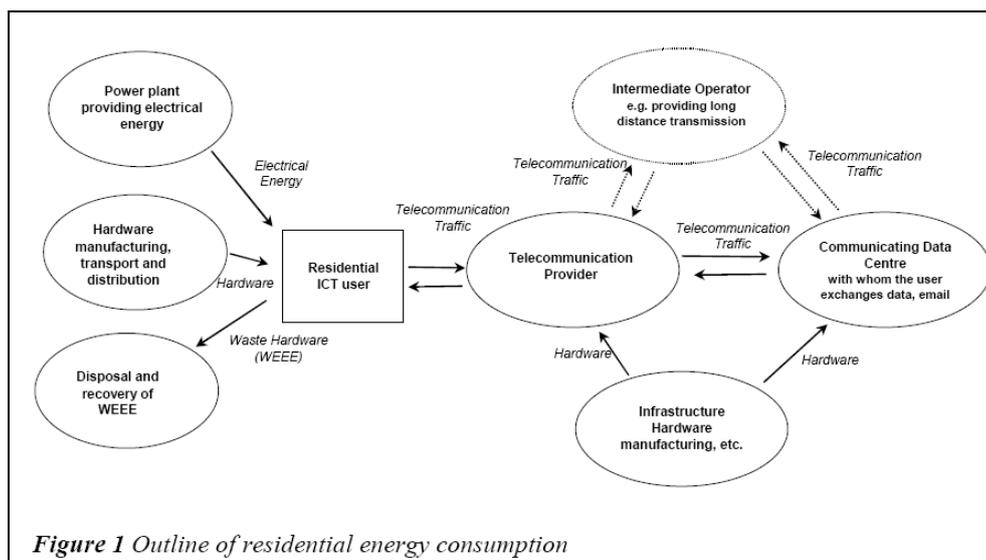
## INFORMATIONSBESCHAFFUNG

Neben der Lektüre von Tagespresse, elektronischen Newsletters, Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Publikationen, der Verfolgung von spezialisierten Websites und der Nutzung persönlicher Kontakte kann für das Jahr 2009 auf die folgenden speziellen Informationsquellen und Informationsbeschaffungsaktivitäten hingewiesen werden:

- Studienberichte, Papers und Artikel [1-80],
- Webseiten, insbesondere solche mit Downloads und weiterführenden Links [81-91],
- Teilnahme an verschiedenen Anlässen im In- und Ausland [92-104].

Drei für Forschung und Politik interessante Studien werden hier kurz vorgestellt:

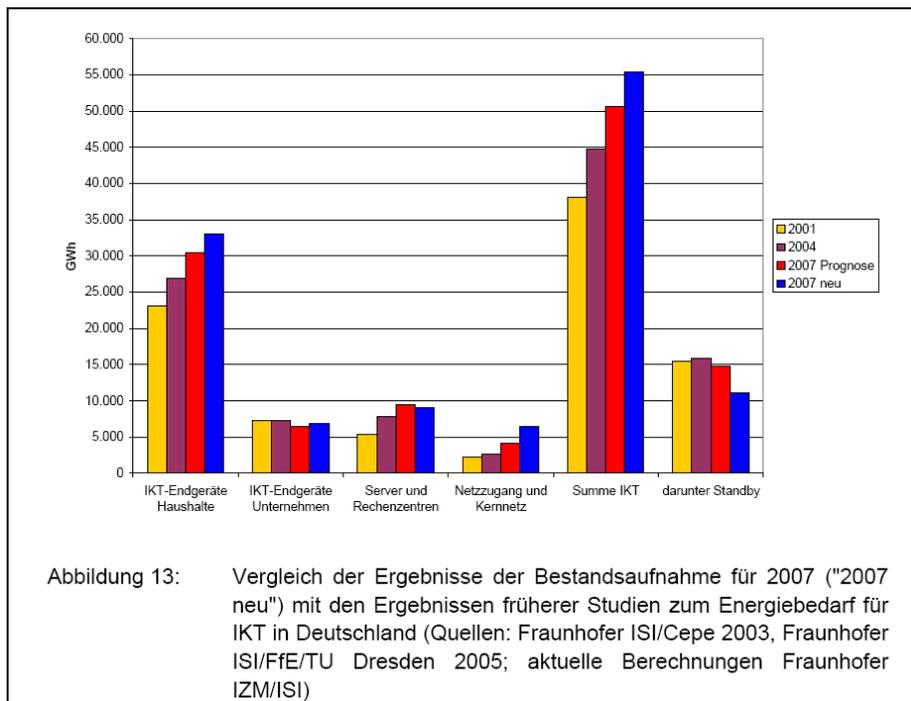
1. Die Studie von Ole Willum [17] zum gesamten Energieverbrauch durch die Nutzung von IKT in den Haushalten. Es handelt sich im Wesentlichen um eine Literaturstudie zum Energieverbrauch
  - für die Herstellung, die Verteilung und Auslieferung, und für die Entsorgung der IKT
  - für den Betrieb der IKT im Haushalt, und
  - für die zum Betrieb der IKT notwendigen Infrastruktur [17, Figure 1].



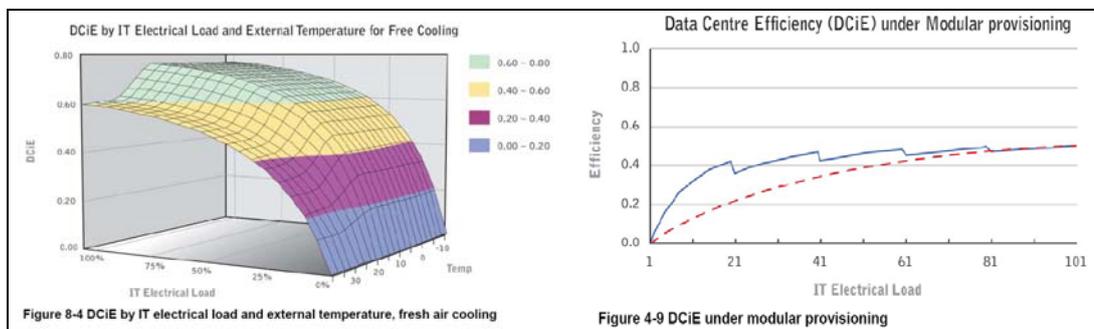
Die Unsicherheiten im Energieverbrauch insbesondere bei der Herstellung und bei der Infrastruktur sind gross. Die Studien widersprechen sich teilweise. Aber über alle Studien gemittelt ergibt sich die Größenordnung 1:1:0.5 der Verhältnisse (Energieverbrauch Herstellung + Entsorgung) : (Energieverbrauch im Haushalt) : (Energieverbrauch Infrastruktur).

2. Stobbe et al. [72] evaluieren im Detail den Stromverbrauch von IKT in Deutschland im Jahre 2007 und präsentieren in Form von zwei Szenarien „Basisprognose“ und „Green IT“ die mögliche Entwicklung bis 2020. Im Basisszenario wird zwischen 2007 und 2020 mit einem Wachstum des Stromverbrauchs von 20% gerechnet. Das stärkste Wachstum wird mit über 70% bei den Servern erwartet. Es folgen mit 23% die IKT-Anwendungen (inkl. Unterhaltungselektronik) in den Haushalten. Im „Green-IT“-Szenario liegt der Stromverbrauch insgesamt in 2020 etwa auf dem Niveau von 2007.

Interessant ist der Vergleich mit früheren Abschätzungen für den Stromverbrauch in den Jahren 2001, 2004 und 2007 [72, Abbildung 13]. Die neuen Rechnungen zeigen insbesondere für die Haushalte einen höheren Verbrauch; der Verbrauch im Standby-Zustand wird heute aber tiefer eingeschätzt, was möglicherweise auf die Wirkung der politischen Massnahmen in diesem Bereich zurück zu führen ist.



3. Liam Newcombe [27] untersucht mittels Simulationen die Abhängigkeiten der Indikatoren DCiE<sup>1</sup> und PUE<sup>2</sup> für die Energieeffizienz der Infrastruktur von Rechenzentren von Aussentemperatur und Kapazitätsauslastung. Mittels „free cooling“ [27, Figure 8-4] und modularem Aufbau der Infrastruktur [27, Figure 4-9] kann die Energieeffizienz signifikant erhöht werden.



<sup>1</sup> DCiE = (Stromverbrauch IT) / (Stromverbrauch Infrastruktur + IT)

<sup>2</sup> PUE = 1 / DCiE

Im Rahmen der EuP-Initiative der EU wurden (und werden weiter) interessante Untersuchungen auch zum Energieverbrauch von verschiedenen Geräten und Komponenten erarbeitet (siehe Europäische Union unter dem Zischentitel „Deklaration, Labels, Standards“ in diesem Jahresbericht).

## **INFORMATIONSVERMITTLUNG UND BERATUNG**

Wir beantworteten rund 20 Anfragen, die sich in diesem Jahr mehrheitlich auf Fragen zu „Data Centres“ und „Green IT“ bezogen.

Die Aufdatierung der elektronischen Literaturlatenbank [www.biblioite.ethz.ch](http://www.biblioite.ethz.ch) wurde von Matthias Hofer (CEPE) weitergeführt. Im vergangenen Jahr wurden fast 100 Dokumente neu aufgenommen. Über 40 weitere werden bis Ende Februar 2010 folgen.

In unregelmässigen Abständen wurden verschiedenen Schweizer Akteuren und Interessenten im Bereich der elektrischen/elektronischen Geräte Informationen zu energie-wirtschaftlich und –politisch relevanten Ereignissen und Entwicklungen im Inland aber mehrheitlich im Ausland per E-Mail (über 40 Mails) übermittelt.

Im Artikel „Energieeffizienz im Rechenzentrum“ [112], der im April in einer auf Umweltthemen spezialisierten Fachzeitschrift erschienen ist, werden in einer auch für Nicht-IT-Experten verständlicher Art die Aktivitäten zur Förderung der Energieeffizienz in Rechenzentren seit den achtziger Jahren beschrieben. Es werden die heutigen Effizienzpotentiale dargestellt und laufende und geplante Massnahmen zu deren Ausschöpfung dargestellt und vorgeschlagen.

Das gleiche Thema wurde in mehreren eingeladenen Vorträgen [105-109] ganz unterschiedlichen Zielgruppen im In- und Ausland vorgestellt.

In einem kurzen Aufsatz „ICT and energy: some methodological issues“ [111] hatten wir die Gelegenheit der europäischen IT-Forschungs-Community den vielfältigen Zusammenhang von IKT und Energieverbrauch darzustellen und Hinweise darauf zu geben, was bei der Bilanzierung der positiven und der negativen Effekte von IKT auf den Energieverbrauch besonders beachtet werden soll.

## **TRENDWATCH GRUPPE „ENERGIE UND INFORMATIONSTECHNOLOGIEN“**

Wie in den letzten Jahren hat Alois Huser, Encontrol AG, im Rahmen des Kompetenzzentrums zwei Sitzungen der Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ organisiert. Diese Zusammenkunft von Fachleuten bewährt sich als regelmässig stattfindendes Diskussionsforum von Vertretern der Anbieter und Nutzer von Informations- und Kommunikationstechnologien einerseits und von Vertretern des Bundesamtes für Energie, von Beratungsfirmen und Hochschulen andererseits, die sich im Rahmen des Forschungsprogramms Elektrizität mit den energetischen Auswirkungen von Informations- und Kommunikationstechnologien auseinandersetzen. Wurden früher auch laufende Forschungsprojekte begleitet und neue Forschungsrichtungen diskutiert, so dient die Trend-Watch Gruppe heute vor allem dem Informationsaustausch.

## EXPERTENAUFGABEN UND VORARBEIT FÜR PROJEKTARBEITEN

Die folgenden Expertenaufgaben wurden übernommen oder weitergeführt:

### Informationsgesellschaft

Bernard Aebischer ist seit 2008 Mitglied des Advisory Board für die Studie „Sectoral e-Business Watch“ [110] finanziert von der Europäischen Kommission, DG Enterprise and Industry. Die Studie wird koordiniert von empirica GmbH in Zusammenarbeit u. a. mit dem DIW (Deutsches Wirtschaftsinstitut) in Berlin. Im laufenden Jahr wurde die Studie „ICT and e-Business Impact in the Energy Supply Industry“ begleitet. Dabei wurde vor allem darauf hingewiesen, dass bei der Konzipierung dieser Studie die entscheidende Bedeutung der Nachfrageseite bei der Behandlung der Themen „Smart Grid“ und „Smart Metering“ zu wenig einbezogen wurde.

Im Rahmen von „COST Foresight 2030“ [118] hat der Leiter des Kompetenzzentrums an einem dreitägigen Workshop teilgenommen [97]. Dabei ging es um die Rolle der Computer- und Kommunikations-Technologien bei Produktion, Verteilung und Nutzung der Energie in Europa im Jahre 2030. Dieser Workshop ist Teil des über 18 Monate laufenden Gesamtprojekts. Im Juni 2010 werden die Ergebnisse an einer internationalen Konferenz vorgestellt.

Der von Orbit, business campaigning Switzerland GmbH, WWF und Öbu initiierte Green IT Innovation Award wurde in 2009 erstmals an Swisscom, Mobility und Unblu vergeben [119]. Bernard Aebischer war einer der 8 Jurymitglieder.

### Mobile Kommunikation

Die Projektskizze „Energieverbrauch der mobilen Kommunikationsdienste“ der Fachhochschule Nordwestschweiz wurde im Dezember 2008 begutachtet und kommentiert.

Im Frühjahr 2009 wurde die öffentliche Version der Dissertation von Frau Laetitia Souchon Foll [114], die Bernard Aebischer als Korreferent begleiten durfte, publiziert. Darin wird insbesondere der Energieverbrauch der Telekommunikation in Frankreich untersucht. Beim Vergleich mit der im Vorjahr publizierten Studie von Corliano/Hufschmid [115] zeigen sich grosse Unterschiede beim Energieverbrauch der durchschnittlichen Basisstation der mobilen Kommunikation in Frankreich und in der Schweiz. In einer Studie von BITKOM/EICTA/intellect [42] findet sich möglicherweise die Lösung zu diesem Puzzle: der spezifische Verbrauch der neuen Nokia-Basisstationen hat sich zwischen 2001 und 2006 um mehr als 50% reduziert [42, Diagramm 1].

### Energieeffizienz in Rechenzentren

Das Kompetenzzentrum hat eine englische Version des Messkonzepts für die Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur von Rechenzentren (DCiE), das im Vorjahr im Rahmen der langjährigen Zusammenarbeit mit der Energiefachstelle ScanE des Kantons Genf von Maucoronel/Duc/Willers erstellt wurde, erarbeiten lassen [113]. Dieses Messkonzept wurde den in diesem Bereich tätigen Personen und Organisationen (CoC, Green Grid, EPA, LBNL, ...) zugestellt und in Vorträgen und Gesprächen zur Nutzung oder Nachahmung empfohlen. Kürzlich hat nun Green Grid ein Messvorgehen definiert, das der

Forderung nach einer präzisen Definition der Messstellen nachkommt [30]. Green Grid lässt aber den Detaillierungsgrad der Messung offen, was den Vergleich der Messungen bei verschiedenen Rechenzentren zumindest erschwert. Im Rahmen des europäischen Code of Conduct für Rechenzentren soll dieses Messvorgehen von Green Grid in Zukunft angewendet werden.

Das ungenügend präzise definierte Messverfahren kann ein entscheidender Grund dafür sein, dass die US EPA bei der Auswertung der Effizienzmessungen von 108 Rechenzentren in den USA [77] überraschenderweise keine Abhängigkeit des Effizienzindikators DCiE vom Klima, von der Nutzung oder Nicht-Nutzung von „free cooling“ und auch nicht von der Auslastung des Rechenzentrums gefunden hat. Die EPA will diese Messungen trotzdem dazu nutzen, das Kriterium für die Zuteilung des EnergyStar-Labels für Data Centres zu definieren. Erste Analysen ergeben einen minimalen Wert für DCiE von ca. 0.63 (63%) [78]. Er ist recht hoch verglichen mit den Zielwerten von 0.55 für bestehende und von 0.65 für neue Rechenzentren, die im Jahre 2003 für den Kanton Genf erarbeitet wurden [116].

Im Rahmen der „Infrastructure & Operations Community“ von sitic [102] findet im Frühjahr 2010 ein Forum mit dem Thema „Benchmarking“ (der Energieeffizienz von Rechenzentren) statt, wo erwartet wird, dass mehrere Betreiber von Rechenzentren erste Messergebnisse vorstellen werden. Diese Community wurde von den sitic-Koordinatoren auch auf Initiative der Swiss Data Centre Energy Efficiency Group (Swiss DCEE Group) organisiert. An der Kick-Off-Sitzung der Community wurden von Martin Bänninger und Bernard Aebischer die Aktivitäten der Swiss DCEE Group vorgestellt und die entwickelten Produkte (TCO-Rechnung [117] und DCiE-Messkonzept [113]) zur Nutzung angeboten. Die im Rahmen von sitic gemachten Erfahrungen könnten bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt in einem grösseren Rahmen genutzt werden.

Weitere Aktivitäten betreffen die Mitarbeit

- in der Swiss Data Centre Energy Efficiency Group (Swiss DCEE Group), eine Gruppe von Fachleuten, die sich auf eine private Initiative hin bisher 3-4 mal jährlich getroffen hat mit dem Ziel praxisorientierte Erfahrungen auszutauschen und Hilfsmittel für einen effizienten Betrieb, die Sanierung und die Planung von Rechenzentren zu erarbeiten. Im laufenden Jahr hat eine Sitzung stattgefunden. Die Weiterführung dieser Initiative ist heute wegen beruflicher Umorientierung des Initianten in Frage gestellt.
- bei der Vorbereitung einer zweiten Phase des Forschungsprogramms „Green Data Centre“, das in Zusammenarbeit von IBM Schweiz, Zürcher Kantonalbank und Energy Science Center der ETH Zürich (esc) durchgeführt wird.

Basierend auf Szenariorechnungen für die USA wurde das technische Potential für Energiekosteneinsparungen bei der Infrastruktur der Rechenzentren in der Schweiz im Jahre 2014 auf über 100 Mio. CHF pro Jahr geschätzt [107].

## **Deklaration, Labels, Standards**

Im laufenden Jahr ging es in diesem Bereich wiederum vor allem darum, die Übersicht zu bewahren über internationale Arbeiten und Entwicklungen im Bereich von Energiedeklarationen, Labels, Standards und energie- und umweltrelevanten Programmen, die für die Schweiz relevant sind oder werden können. Dank der umfassenden Informationsvermittlung von Vertretern der eae (Dr. Heinz Beer) und weiteren in EU- und IEA-Aktivitäten involvierten Personen konnte diese Aufgabe gut erfüllt werden. Die Erfahrung zeigt, dass ohne direkten Zugang zu den offiziellen Kanälen die regelmässige Konsultation von ausgewählten Webseiten die beste und aktuellste Informationsquelle darstellt. Wir beschränken uns hier auf

Hinweise zum US-EnergyStar (die EU-EnergyStar-Webseite bezieht sich häufig darauf) und zu ausgewählten Aktivitäten in der Europäischen Union. Informationen zu EnergyStar in der Schweiz finden sich auf [www.energystar.ch](http://www.energystar.ch).

## 1. EnergyStar

### 1.1. Allgemein

ENERGY STAR Product Specifications in Development

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.prod\\_development\\_index](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.prod_development_index)

Revisions to Existing Specifications

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.revisions\\_specs](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.revisions_specs)

### 1.2. Computers

Computer Spezifikationen

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer\\_spec](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.computer_spec). Die Version 5.0 der Spezifikationen ist am 1. Juli 2009 in Kraft getreten.

### 1.3. Imaging Equipment

Spezifikationen [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip\\_spec](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=revisions.img equip_spec).

Die Version 1.1 der Spezifikationen sind ebenfalls am 1. Juli 2009 in Kraft getreten.

### 1.4. Server und Data Centres

Die laufenden Aktivitäten der EPA zur Erarbeitung von Messverfahren und Kriterien für die Vergabe des EnergyStar Labels an Server und an Data Centres

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.server\\_efficiency](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency) sollen im kommenden Jahr abgeschlossen werden.

## 2. Europäische Union (nicht EnergyStar)

Eine Übersicht über die verschiedenen Programme und Aktivitäten der EU findet sich auf <http://ec.europa.eu/energy>

### 2.1. Code of Conduct

Einen Überblick über die realisierten und geplanten Code of Conducts findet sich auf [http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative.htm).

### 2.2. Energy-Using Products (EuP)

Allgemeine Informationen zu EuP finden sich auf

[http://ec.europa.eu/enterprise/eco\\_design/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/eco_design/index_en.htm). Die neue Richtlinie DIRECTIVE 2009/125/EC kann hier herunter geladen werden: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:EN:PDF>

Der Arbeitsplan für die Periode 2009-2011 findet sich hier: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0660:FIN:en:PDF> mit geschlossen sind.

Detaillierte Informationen zu den Produkten können auf der folgenden Seite eingesehen werden [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/sustainable-product-policy/ecodesign/product-groups/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/sustainable-product-policy/ecodesign/product-groups/index_en.htm)

Eine gute Zusammenfassung des gesamten EuP-Prozesses und des aktuellen Stands der Aktivitäten findet sich bei ECEEE: [http://www.eceee.org/Eco\\_design/](http://www.eceee.org/Eco_design/)

## Nationale Zusammenarbeit

Die Sitzungen der Trend-Watch Gruppe „Energie und Informationstechnologien“ sind eine willkommene Gelegenheit für den Informationsaustausch mit Wirtschaftsvertretern. Die Kommunikation und Zusammenarbeit mit der Sektion „Energieeffizienz“ des BFE war konstruktiv. Die Teilnahme an der Bilanz-/Strategiekonferenz EnergieSchweiz und an der Bereichskonferenz Elektrogeräte schaffte einen guten Kontakt zu Akteuren des Programms EnergieSchweiz. Mit dem Ziel Energieaspekte vermehrt in die Diskussion einzubringen ist das Kompetenzzentrum Mitglied des Gebäude Netzwerk Instituts. Der Einsitz von Herrn Richard Staub in der Trend-Watch Gruppe hat dieses Thema substantiell verstärkt. Die Kontakte mit der Forschungsgruppe von Prof. Hilty an der EMPA werden im Rahmen der Umsetzung des WSIS-Aktionsplans [90, 91] weitergeführt. Das CEPE/Kompetenzzentrum konzentriert sich dabei auf den Energieverbrauch. Die Gruppe in St. Gallen deckt den Bereich Umwelt/Abfall und LCA ab.

## Internationale Zusammenarbeit

Auf internationaler Ebene wurde der Informationsaustausch mit dem Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) – insbesondere im Bereich der Data-Centres - mit einem Vortrag in Berkeley gestärkt. Mit dem ISI der Fraunhofer Gesellschaft in Karlsruhe und mit dem Borderstep Institut in Berlin gab es regelmässige Kontakte. Die diesjährige eceee-Konferenz war eine gute Gelegenheit die Kontakte mit Vertretern der IEA (Internationale Energieagentur) aufzufrischen und einen intensiven Informationsaustausch mit Vertretern von ACEEE zu initiieren; dieser Austausch wurde dann im Rahmen von COST Foresight 2030 weiter geführt. Die Zusammenarbeit mit der EU wurde wie im Vorjahr grösstenteils durch den Leiter des Forschungsprogramms Herrn Roland Brüniger wahrgenommen. Der Leiter des Kompetenzzentrums E+IT verfolgte aktiv die Aktivitäten im Rahmen des Code of Conduct für Data Centres.

## Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Die spezifischen Projektziele für 2009: genügend Betreiber von Rechenzentren für ein Benchmarking der Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur zu gewinnen, Grundlagenarbeiten vorzubereiten um die Unterschiede bei der Energieeffizienz zu erklären und in einem späteren Schritt Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz auszuarbeiten, wurden nur teilweise erreicht. Die Benchmarking-Initiative in Genf kommt nicht vom Fleck und das Interesse von Betreibern von Rechenzentren ihre gemessenen Daten freiwillig in einen Pool einzubringen ist bisher klein. Andererseits wurden von verschiedenen Stellen (CoC, LBNL, Green Grid) Grundlagenarbeiten geleistet und von den gleichen Stellen sind auch Massnahmenkataloge bekannt, die genutzt werden können. Weitere Elemente für ein umfassendes Projekt zur Förderung der Energieeffizienz in Rechenzentren sind die in diesem Jahr publizierten Best Practice Beispiele [38, 39].

Die generellen Ziele, relevante internationale Informationen weiter zu geben und Aktivitäten in der Schweiz auch international bekannt zu machen, wurden zu unserer Zufriedenheit erreicht. Dabei ist zu erwähnen, dass die auf internationaler Ebene laufenden Arbeiten und Entwicklungen im Bereich der Energiedeklarationen, Label und Standards nur dank der Informationsvermittlung durch Herrn Heinz Beer von der eae und weiteren auf EU/IEA-Ebene aktiven Personen verfolgt und dokumentiert werden konnte.

Die „Green IT“ Initiativen sind in den letzten Jahren wie Pilze aus dem Boden geschossen. Vieles was einem durchschnittlichen technischen Fortschritt entspricht, wird mit dem Label „green“ vermarktet. Es zeigt sich nun aber, dass sich auf dieser „grüne Welle“ sehr wohl Aktivitäten entwickeln, die zumindest lokal auf Betriebsebene und temporär signifikante

Energieeinsparungen bringen. Diese Einsparungen dürften in vielen Fällen aber mit langfristig durch das exponentielle Wachstum der Dienstleistungen überkompensiert werden.

Der vorliegende Bericht fasst für das Jahr 2009 die Aktivitäten des Leiters des Kompetenzzentrums im Bereich Energie und Informationstechnik zusammen. Ein grosser Teil dieser Arbeiten war nur möglich dank Synergien mit Aktivitäten, die vom CEPE in Eigenleistung erbracht wurden (z.B. Teilnahme an internationalen Kongressen), und dank einem kontinuierlichen Wissensaufbau im Rahmen von anderweitig finanzierten Forschungsprojekten. Eine detaillierte Zuordnung der beschriebenen Aktivitäten auf die verschiedenen Finanzierungsquellen wäre sehr aufwendig und würde angesichts des relativ kleinen Budgets, das dem Kompetenzzentrum zur Verfügung steht, wohl eher nüchtern ausfallen. Andererseits dürfte für eine effiziente Leitung des Kompetenzzentrums die Kontinuität deutlich wichtiger sein als ein grosses aber punktuell Budget.

Im kommenden Jahr beabsichtigen wir die für 2009 gesetzten und nur teilweise erreichten Ziele weiter zu verfolgen. Ein Konzept für ein umfassendes Projekt zur Förderung der Energieeffizienz in Rechenzentren kann dazu den Rahmen bilden.

## Referenzen

- [1] Alliance to Save Energy, 2009. **PC Energy report 2009**. [http://www.climatesaverscomputing.org/docs/1E\\_PC\\_Energy\\_Report\\_2009\\_US.pdf](http://www.climatesaverscomputing.org/docs/1E_PC_Energy_Report_2009_US.pdf)
- [2] Haupt K., 2009. **Green-IT: Kampf den Stromfressern**. UnternehmerZeitung, Nr. 7/8 – 2008 31. [http://www.unternehmerzeitung.ch/archiv/07\\_08/UZ0708\\_30-32\\_kommunikation.pdf](http://www.unternehmerzeitung.ch/archiv/07_08/UZ0708_30-32_kommunikation.pdf)
- [3] Mills E. et al., 2009. **The business case for energy management in high-tech industries**. Energy Efficiency (2008) 1:5–20. DOI 10.1007/s12053-007-9000-8 <http://www.springerlink.com/content/j208m281615x2t81/fulltext.pdf>
- [4] Clausen J., 2009. **Energieeffizienter IT-Einsatz an Schulen. Thin Clients und Kompaktcomputer als neue Optionen**. Geschäftsstelle proKlima GbR (Herausgeber), Hannover [http://www.proklima-hannover.de/uploads/media/PK-IT-Einsatz-Schulen\\_web.pdf](http://www.proklima-hannover.de/uploads/media/PK-IT-Einsatz-Schulen_web.pdf)
- [5] Bush E. et al., 2008. **Energieeffizienz von Tintenstrahl- Multifunktionsgeräten**. Messprojekt im Auftrag von WWF. [https://assets.wwf.ch/downloads/inkjet\\_mfd.pdf](https://assets.wwf.ch/downloads/inkjet_mfd.pdf)
- [6] **Virtual Data Center** E-Zine Volume 12, JULY 2009 [http://viewer.media.bitpipe.com/1247238741\\_589/1247240611\\_333/TT\\_VDC\\_Vol12\\_0609\\_v6.pdf](http://viewer.media.bitpipe.com/1247238741_589/1247240611_333/TT_VDC_Vol12_0609_v6.pdf)
- [7] Franke Th. L. et al., 2009. **Getting Serious About Sustainable IT: Metrics, Tools, and Solutions**. (Research Bulletin, Issue 14). Boulder, CO: EDUCAUSE Center for Applied Research. <http://www.educause.edu/Resources/GettingSeriousAboutSustainable/174898>
- [8] Kamburow C., 2004. **E-Paper – Erste Abschätzung der Umweltauswirkungen. Eine ökobilanzielle Betrachtung am Beispiel des Nachrichtenmediums Zeitung**. Werkstattbericht Nr. 67. Berlin, Oktober 2004 ISBN 3-929173-67-0 [http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT\\_WB67\\_E-Paper\\_Umweltauswirkungen.pdf](http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB67_E-Paper_Umweltauswirkungen.pdf)
- [9] Roland Hischer and Inge Reichart, 2003. **Multifunctional Electronic Media – Traditional Media. The Problem of an Adequate Functional Unit. A case study of a printed newspaper, an internet newspaper and a TV broadcast** [http://www.empa.ch/plugin/template/empa\\*/21841/---/l=1](http://www.empa.ch/plugin/template/empa*/21841/---/l=1)
- [10] Poisso L., 2009. **Newspaper vs. internet: which is the greener choice?** <http://www.supereco.com/news/2009/01/15/newspaper-vs-internet-which-is-the-greener-choice/>
- [11] Kasielke N., 2009. **Den Stromhunger reduzieren. Effizientere Stromversorgungsmodule**. ETH Life, 13.07.09 [http://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/090713\\_netzstecker\\_nk/index](http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/090713_netzstecker_nk/index)
- [12] Ulmer S., 2009. **Auf dem Weg zur integrierten optischen Schaltung**. Quantenphysik. ETH Life 02.07.09 [http://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/090702\\_Optischer\\_Transistor\\_su](http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/090702_Optischer_Transistor_su)
- [13] MM, 2009. **Supercomputer mit heissem Wasser gekühlt**. Prototyp von IBM und ETH Zürich. ETH Life 23.06.09 [https://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/090623\\_liquid\\_cooled\\_computer/index](https://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/090623_liquid_cooled_computer/index)
- [14] VANDERBILT T., 2009. **Data Center Overload**. The New York Times Magazine, June 8, 2009 [http://www.nytimes.com/2009/06/14/magazine/14search-t.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2009/06/14/magazine/14search-t.html?_r=1)
- [15] Silicon Valley Leadership Group, 2008. **Data Center Energy Forecast**. Final Report, July 29, 2008 [http://svlg.net/campaigns/datacenter/docs/DCEFR\\_report.pdf](http://svlg.net/campaigns/datacenter/docs/DCEFR_report.pdf)
- [16] Jensen J.O. et al., 2009. **Households' use of information and communication technologies – a future challenge for energy savings?** Proceedings "ecee 2009 Summer Study. Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably, 1–6 June 2009, La Colle sur Loup, France". ISBN: 978-91-633-4454-1 [http://www.ecee.org/conference\\_proceedings/ecee/2009/Panel\\_8/8.188/](http://www.ecee.org/conference_proceedings/ecee/2009/Panel_8/8.188/)

- [17] Willum O., 2008. **Residential ICT related energy consumption which is not registered at the electric meters in the residences**. Willum Consult, Kopenhagen, Dänemark.  
<http://orbit.dtu.dk/getResource?recordId=223337&objectId=1&versionId=1>
- [18] The Silicon Valley Leadership Group. **Data Center Energy Efficiency Project**. Case Studies. Website:  
<http://dcee.svlg.org/case-studies/>
- [19] BITKOM (Herausgeber), 2009. **Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business**. Berlin, Oktober  
[http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Leitfaden-CloudComputing\\_Web.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Leitfaden-CloudComputing_Web.pdf)
- [20] ASHREA (Editor), 2008. **ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment. Expanding the Recommended Environmental Envelope**. Washinton, USA  
[http://www.ecoinfo.cnrs.fr/IMG/pdf/2008\\_ASHRAE\\_Environmental\\_Guidelines\\_for\\_Datacom\\_Equipment-2.pdf](http://www.ecoinfo.cnrs.fr/IMG/pdf/2008_ASHRAE_Environmental_Guidelines_for_Datacom_Equipment-2.pdf)
- [21] Kasielke N., 2009. **Schnelle Transistoren für die digitale Welt**. ETH Life, 10.09.09  
[http://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/090910\\_schnelle\\_transistoren\\_nk/index](http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/090910_schnelle_transistoren_nk/index)
- [22] Sun Microsystems, 2009. **Introduction to Cloud Computing architecture**. White Paper, 1st Edition, June 2009. Santa Clara, CA 95054 USA. <http://www.sun.com/featured-articles/CloudComputing.pdf>
- [23] CARLTON J., 2009. **The PC Goes on an Energy Diet**. The Wall Street Journal, Digital network, Tuesday, September 8.  
<http://online.wsj.com/article/SB10001424052970204908604574336280116296164.html>
- [24] Wehrli F., 2009. **Die Zukunft des Internets. Back to the future**. ETH Life, 08.09.09.  
[http://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/090908\\_Internet\\_2.0\\_we](http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/090908_Internet_2.0_we)
- [25] Mathew P., Ganguly S., Greenberg S., Sartor D., 2009. **Self-benchmarking Guide for Data Centers: Metrics, Benchmarks, Actions**. LBNL, Berkeley, 13. July <http://hightech.lbl.gov/benchmarking-guides/docs/datacenter-benchmarking-guide.pdf> and <http://hightech.lbl.gov/benchmarking-guides/data.html>
- [26] Haas J. et al., 2009. **PROXY PROPOSALS FOR MEASURING DATA CENTER PRODUCTIVITY**. The Green Grid, White Paper Nr. 18. Version 1. [http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White\\_Paper\\_18\\_-\\_Proxies\\_Proposals\\_for\\_Measuring\\_Data\\_Center\\_Efficiency.ashx?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White_Paper_18_-_Proxies_Proposals_for_Measuring_Data_Center_Efficiency.ashx?lang=en)
- [27] Newcombe L., 2009. **Data centre energy efficiency metrics. Existing and proposed metrics to provide effective understanding and reporting of data centre energy**. Data Centre Specialist Group. British Computer Society (BCS), London [http://www.datacentredynamics.com/Media/MediaManager/Data\\_centre\\_energy\\_efficiency\\_metrics.pdf](http://www.datacentredynamics.com/Media/MediaManager/Data_centre_energy_efficiency_metrics.pdf)
- [28] Newcombe L., 2009. **Best Practices for the EU Code of Conduct on Data Centres**. Version 1.0.0, First Release.  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/CoC%20data%20centres%20nov2008/Best%20Practices%20v1.0.0%20-%20Release.pdf>
- [29] Standard Performance Evaluation Corporation (Editor), 2008. **SPEC Power and Performance**. Benchmark Methodology V1.1.1. [http://www.spec.org/power\\_ssj2008/docs/SPECpower-Methodology.pdf](http://www.spec.org/power_ssj2008/docs/SPECpower-Methodology.pdf)
- [30] Azevedo D. et al., 2009. **Power Usage Effectiveness (PUE) & Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE) Progress**. (Including DCiE Detailed Analysis with position of metering). The Green Grid.  
<http://www.thegreengrid.org/~media/2009TechForumPresentations/How%20to%20Measure%20and%20Report%20PUE%20and%20DCiE.ashx?lang=en>
- [31] The Datacenter Research Group. **Warmer data centers for a cooler planet?**  
<http://www.datacenterdynamics.com/ME2/dirmod.asp?sid=&nm=&type=news&mod=News&mid=9A02E3B96F2A415ABC72CB5F516B4C10&tier=3&nid=30147124B30D4BD3B3DDBD032A172484>
- [32] Parfitt N., 2009. **Western Europe versus North America: Some key differences**. DataCenterDynamics, 26 Feb 2009  
<http://www.datacenterdynamics.com/ME2/dirmod.asp?sid=&nm=&type=Publishing&mod=Publications%3A%3AArticle&mid=8F3A7027421841978F18BE895F87F791&tier=4&id=3CB8D76470204820802F433BC26C1A5B>
- [33] EU Commission, 2009. **Commission welcomes industry's commitment to provide a common charger for mobile phones**. Press release, Brussels, 29 th June 2009  
<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/09/1049&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>
- [34] Kistler L., 2009. **Öfters mal den Stecker raus**. ECOLIFE 2/09 [http://issuu.com/ecolife2/docs/ecolife\\_0902\\_auszug](http://issuu.com/ecolife2/docs/ecolife_0902_auszug)
- [35] Binder M., 2009. **Wenn der Computer in den Mixer kommt**. ECOLIFE 2/09  
[http://issuu.com/ecolife2/docs/ecolife\\_0902\\_auszug](http://issuu.com/ecolife2/docs/ecolife_0902_auszug)
- [36] Robert J., 2009. **Zauberwort Virtualisierung**. Eisbrecher Nr. 33, Seiten 10-11, März 2009. Bundesamt für Informatik und Kommunikation BIT, Bern  
<http://www.bit.admin.ch/dokumentation/00090/00156/00157/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.Inp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCDeH12fGym162epYbg2c.JjKbNoKSn6A-->
- [37] Rubenov I., 2009. **Green IT: Mehr als ein Schlagwort**. Eisbrecher Nr. 33, Seiten 15-17, März 2009. Bundesamt für Informatik und Kommunikation BIT, Bern  
<http://www.bit.admin.ch/dokumentation/00090/00156/00157/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.Inp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCDeH12fGym162epYbg2c.JjKbNoKSn6A-->
- [38] e-Server-Konsortium, 2009. **Fallstudien zu Energie- und Kosteneinsparung durch energie-effiziente Server**. Fallstudien als Teil des EU-Projektes e-Server im Rahmen des Programms Intelligent Energy Europe. März [http://www.efficient-server.eu/fileadmin/docs/reports/2009/E-Server\\_casestudies\\_DE.pdf](http://www.efficient-server.eu/fileadmin/docs/reports/2009/E-Server_casestudies_DE.pdf)
- [39] Fichter K. et al., 2008. **Energieeffiziente Rechenzentren: Best Practice-Beispiele aus Europa, USA und Asien**. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Berlin, Dezember  
<http://borderstep.org/details.php?menue=33&subid=101&le=de#>
- [40] Huser A., M. Bänninger, 2008. **Stromeffiziente Rechenzentren durch Sensibilisierung über eine transparente Kostenrechnung**. Bundesamt für Energie, Ittigen

- [http://www.bfe.admin.ch/php/includes/container/enet/flex\\_enet\\_anzeige.php?lang=de&publication=9916&height=400&width=600](http://www.bfe.admin.ch/php/includes/container/enet/flex_enet_anzeige.php?lang=de&publication=9916&height=400&width=600)
- [41] DOE, 2008. **Data Center Assessment Tool Suite “DC Pro”**. Master List of Energy Efficiency Actions. DRAFT of June 6 <http://hightech.lbl.gov/dc-assessment-tools/Draft-Actions-List.doc>
- [42] BITKOM, EICTA, intellect, 2008. **High Tech – Low Carbon. The role of the European digital technology in tackling climate change**. Berlin. [http://www.bitkom.org/files/documents/High\\_Tech\\_Low\\_Carbon\\_final.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/High_Tech_Low_Carbon_final.pdf)
- [43] BITKOM, 2008. **Energieeffizienz im Rechenzentrum. Ein Leitfaden zur Planung, zur Modernisierung und zum Betrieb von Rechenzentren**. Berlin. [http://www.bitkom.org/files/documents/Leitfaden\\_Energieeffizienz\\_in\\_RZ\\_final\\_31072008\(1\).pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Leitfaden_Energieeffizienz_in_RZ_final_31072008(1).pdf)
- [44] Beton A. et al., 2008. **Impacts of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency**. European Commission, DG Info, Brussels. [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/sustainable-growth/ict4ee-final-report\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/sustainable-growth/ict4ee-final-report_en.pdf)
- [45] Christen B., 2009. Herausforderung Internet. TA Swiss (Herausgeber), Bern [http://www.ta-swiss.ch/a/info\\_web2.0/Herausforderung\\_Internet\\_d.pdf](http://www.ta-swiss.ch/a/info_web2.0/Herausforderung_Internet_d.pdf)
- [46] Weiss R., 2008. **Weissbuch 2008**, 19. Auflage, Männedorf <http://www.weissbuch.ch/gif/WEISSBUCH2008.pdf>
- [47] Weiss R., 2009. **Weissbuch 2009 (Auszüge)**, Männedorf <http://www.weissbuch.ch/gif/WB09Charts.pdf>
- [48] Hendron R. and Eastment M., 2006. **Development of an Energy-Savings Calculation Methodology for Residential Miscellaneous Electric Loads**. Conference Paper NREL/CP-550-39551, August 2006 <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39551.pdf>
- [49] Eceee, 2008. **Product Efficiency 2008**. Conference organised by eceee. Brussels 30-31 October 2008 [http://www.eceee.org/eceee\\_events/product\\_efficiency\\_08/programme\\_presentations](http://www.eceee.org/eceee_events/product_efficiency_08/programme_presentations)
- [50] JONES R. (EDITOR), 2008. **SEVEN STRATEGIES TO IMPROVE DATA CENTER COOLING EFFICIENCY**. The Green Grid, WHITE PAPER #11. [http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White%20Paper%2011%20-%20Seven%20Strategies%20to%20Cooling\\_092809.ashx?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White%20Paper%2011%20-%20Seven%20Strategies%20to%20Cooling_092809.ashx?lang=en)
- [51] Schmidt R., Iyengar M., 2009. **Thermodynamics of information technology data centers**. IBM Journal of Research and Development. Volume 53, Number 3, 2009, Environmental Monitoring and Management <http://www.research.ibm.com/journal/rd/533/schmidt.pdf>
- [52] Hamann H.F. et al., 2009. **Uncovering energy-efficiency opportunities in data centers**. IBM Journal of Research and Development. Volume 53, Number 3, 2009, Environmental Monitoring and Management <http://www.research.ibm.com/journal/rd/533/hamann.pdf>
- [53] Brunschwiler T., Smith B., Ruetsche E., and Michel B., 2009. **Toward zero-emission data centers through direct reuse of thermal energy**. IBM Journal of Research and Development. Volume 53, Number 3, 2009, Environmental Monitoring and Management <http://www.research.ibm.com/journal/rd/533/brunschwiler.pdf>
- [54] Coroama V., Hilty L.M., 2009. **Energy Consumed vs. Energy Saved by ICT – A Closer Look**. In Wohlgemuth et al. (Eds.) „Environmental Informatics and Industrial Environmental Protection” Concepts, Methods and Tools, 23rd International Conference on Informatics for Environmental Protection, pp 353-361, ISBN 978-3-8322-8397-1 [http://www.empa.ch/plugin/template/empa/\\*86925](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*86925)
- [55] Ropke I., 2009. **Integration of ICT in everyday life – exploration of transition processes in an environmental perspective**. Preliminary reflections. Paper for the 8th International Conference on the European Society for Ecological Economics, Ljubljana, Slovenia, 29 June – 2 July 2009-10-12
- [56] Jochem et al., 2007. **Lernende Netzwerke – einer der Schlüssel zur schnellen Energiekostensenkung**. ENERGIE-WIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 57. Jg. (2007) Heft 3
- [57] Jochem E., Gruber E., 2007. **Local learning-networks on energy efficiency in industry – Successful initiative in Germany**. Applied Energy 84 (2007) 806–816 [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6V1T-4ND71HT-1-7&\\_cdi=5683&\\_user=791130&\\_orig=search&\\_coverDate=08%2F31%2F2007&\\_sk=999159992&\\_view=c&\\_wchp=dGLbVtz-zSkWb&\\_md5=42a1164aa75379af0071b0d9e8d31da4&\\_ie=sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V1T-4ND71HT-1-7&_cdi=5683&_user=791130&_orig=search&_coverDate=08%2F31%2F2007&_sk=999159992&_view=c&_wchp=dGLbVtz-zSkWb&_md5=42a1164aa75379af0071b0d9e8d31da4&_ie=sdarticle.pdf)
- [58] Weissenbach K., 2008. **Modell Hohenlohe e.V.: Vom Energie Effizienz-Tisch zum Qualitäts- und Projektmanagement System**. Präsentation an Berliner Energietage 2008.
- [59] Fenn J., Raskino M., Gammage B., 2009. **Gartner's Hype Cycle Special Report for 2009**. Stamford, CT 06902-7700, U.S.A. [http://www.gartner.com/resources/169700/169747/gartners\\_hype\\_cycle\\_special\\_169747.pdf](http://www.gartner.com/resources/169700/169747/gartners_hype_cycle_special_169747.pdf)
- [60] European Commission, 2008. **Addressing the challenge of energy efficiency through Information and Communication Technologies**. Communication TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. COM(2008) 241 final, Brussels, 13.5.2008 [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/sustainable\\_growth/docs/com\\_2008\\_241\\_all\\_lang/com\\_2008\\_241\\_1\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/com_2008_241_all_lang/com_2008_241_1_en.pdf)
- [61] European Commission, 2008. **RESULTS OF THE PUBLIC CONSULTATION ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES ENABLING ENERGY EFFICIENCY**. Accompanying document to the Commission proposal on Mobilising Information and Communication Technologies to facilitate the transition to an energy efficient, low carbon economy [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/sustainable\\_growth/docs/ict4ee\\_public\\_consultation\\_results.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/ict4ee_public_consultation_results.pdf)
- [62] Laitner J.A. (Skip), Knight C.P., McKinney V.L., Ehrhardt-Martinez K., 2009. **Semiconductor Technologies: The Potential to Revolutionize U.S. Energy Productivity**. ACEEE Report Number E094, Washington, May [http://www.sia-online.org/galleries/Publications/ACEEE\\_Report\\_2009.pdf](http://www.sia-online.org/galleries/Publications/ACEEE_Report_2009.pdf)
- [63] Laitner J.A. (Skip), Ehrhardt-Martinez K., 2008. **Information and Communication Technologies: The Power of Productivity. How ICT Sectors Are Transforming the Economy While Driving Gains in Energy Productivity**. ACEEE Report, Washington <http://www.aceee.org/pubs/e081.htm>

- [64] Fichter K. et al., 2009. **GREEN IT: Zukünftige Herausforderungen und Chancen**. Hintergrundpapier für die BMU/UBA/BITKOM-Jahreskonferenz 2009. Umweltbundesamt, Berlin <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3726.pdf>
- [65] Patterson M.K. et al., 2009. **ENERGY-EFFICIENCY THROUGH THE INTEGRATION OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY MANAGEMENT AND FACILITIES CONTROLS**. Proceedings of IPACK2009 InterPACK'09 July 19-23, 2009, San Francisco, California, USA. <http://download.intel.com/pressroom/archive/reference/IPACK2009.pdf>
- [66] Martin M., 2009. **Bits statt Atome transportieren**. Medienservice, August 2009. CH-Forschung, Zürich <http://www.ch-forschung.ch/index.php?artid=320>
- [67] Windeck Ch., 2009. **Vergleich der Leistungsaufnahme bei Energy-Star-Servern schwierig**. Heise on-line. Meldung vom 11.07.2009 00:16 <http://www.heise.de/ix/meldung/Vergleich-der-Leistungsaufnahme-bei-Energy-Star-Servern-schwierig-6500.html>
- [68] Ellis M., 2009. **Gadgets and Gigawatts. Policies for Energy Efficient Electronics**. IEA/OECD, Paris, ISBN 978-92-64-05953-5 <http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=361>
- [69] Sohmer V., 2009. **Nicht mehr abschalten können. Elektronische Hilfsmittel wie Terminkalender oder E-Mail bringen nicht nur Segen in die Arbeitswelt**. NZZ 10. Juni 2009. [http://www.bibliothe.ethz.ch/downloads/nicht\\_mehr\\_abschalten\\_koennen.pdf](http://www.bibliothe.ethz.ch/downloads/nicht_mehr_abschalten_koennen.pdf)
- [70] Hilty L.M., Coroama V., Ossés de Eicker M., Ruddy Th.F., Müller E., 2009. **The Role of ICT in Energy Consumption and Energy Efficiency**. Project Number 224017. ICT-ENSURE: European ICT Environmental Sustainability Research. St. Gallen <http://publicationslist.org/data/lorenz.hilty/ref-42/2009-08%20Hilty%20Coroama%20et%20al%20EU%20ENSURE%20ICT%20Energy.pdf>
- [71] Münchner Kreis et al. (Herausgeber), 2009. **Zukunft und Zukunftsfähigkeit der Informations- und Kommunikationstechnologien und Medien**. Internationale Delphi-Studie 2030. Full study. München. [http://www.muenchner-kreis.de/typo3conf/ext/naw\\_securedl/secure.php?u=0&file=fileadmin/dokumente/Download/Zukunft\\_und\\_Zukunftsfaeigkeit\\_der\\_IKT\\_2009.pdf&t=1257427283&hash=f7e38e049c51f67c1de5ef6019626194](http://www.muenchner-kreis.de/typo3conf/ext/naw_securedl/secure.php?u=0&file=fileadmin/dokumente/Download/Zukunft_und_Zukunftsfaeigkeit_der_IKT_2009.pdf&t=1257427283&hash=f7e38e049c51f67c1de5ef6019626194) und Executive Summary und Methodik <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/zukunft-und-zukunftsfaeigkeit-ikt-medien-executive-summary-methodik.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>
- [72] Stobbe L. et al., 2009. **Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft**. Bearbeitungsnummer I D 4 – 02 08 15 – 43/08. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Karlsruhe, März <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/abschaetzung-des-energiebedarfs-der-weiteren-entwicklung-der-informationsgesellschaft.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>
- [73] BMWI, 2009. **E-Energy. Innovationspolitik, Informationsgesellschaft, Telekommunikation. IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft** (mit Demoprojekten zu E-Energie), Berlin <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Technologie-und-Innovation/e-energy-ikt-basiertes-energiesystem-der-zukunft.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>
- [74] Google, 2009. **Data Center Efficiency Measurements**. <http://www.google.com/corporate/green/datacenters/measuring.html>
- [75] BEDNAR R. et al., 2009. **ENERGY MEASUREMENT SURVEY RESULTS ANALYSIS**. The Green Grid, White Paper Nr. 26. [http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White%20Paper%2026%20-%20Energy%20Membership%20Survey\\_111709.ashx?lang=en](http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White%20Paper%2026%20-%20Energy%20Membership%20Survey_111709.ashx?lang=en)
- [76] HAAS J., FROEDGED J. (Editors), 2009. **USAGE AND PUBLIC REPORTING. GUIDELINES FOR THE GREEN GRID'S INFRASTRUCTURE. METRICS (PUE/DCIE)**. The Green Grid WHITE PAPER #22: [http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White%20Paper%2022%20-%20PUE%20DCIE%20Usage%20Guidelines\\_final.ashx](http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White%20Paper%2022%20-%20PUE%20DCIE%20Usage%20Guidelines_final.ashx)
- [77] ENERGY STAR, 2009. **Data Center Infrastructure Rating Development Update**. Web Conference, September 29, 2009 [http://www.energystar.gov/ia/partners/prod\\_development/downloads/ENERGY\\_STAR\\_Data\\_Center\\_Prelim\\_Results\\_92909.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/ENERGY_STAR_Data_Center_Prelim_Results_92909.pdf)
- [78] ENERGY STAR, 2009. **Data Center Infrastructure. Rating Development Update**. Web Conference, November 12, 2009 [http://www.energystar.gov/ia/partners/prod\\_development/downloads/Data\\_Center\\_Rating\\_Development\\_Results\\_Nov12.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/Data_Center_Rating_Development_Results_Nov12.pdf)
- [79] ETSI, 2009. **ETSI EN 300 019-1-3 V2.3.2 (2009-11)** European Standard (Telecommunications series) Environmental Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment; Part 1-3: Classification of environmental conditions; Stationary use at weatherprotected locations [http://webapp.etsi.org/action/PU/20091110/en\\_3000190103v020302p.pdf](http://webapp.etsi.org/action/PU/20091110/en_3000190103v020302p.pdf)
- [80] WOLF C., 2009. **Software Licensing and Support, Virtualization and the Cloud**. In virtu I DATA CENTER Volume 16 [http://viewer.media.bitpipe.com/1127845385\\_437/1257961705\\_147/Virtual-Data-Center-Volume-16.pdf](http://viewer.media.bitpipe.com/1127845385_437/1257961705_147/Virtual-Data-Center-Volume-16.pdf)
- [81] eceee, 2009. Website "Products covered and their status in the EuP process" [http://www.eceee.org/Eco\\_design/products](http://www.eceee.org/Eco_design/products)
- [82] LBNL Applications Team. **Data Center. Key Areas of Research**. <http://hightech.lbl.gov/datacenters.html>
- [83] LBNL Applications Team. **Training Resources for Data Centers** <http://hightech.lbl.gov/training/dc-training.html>
- [84] **Energy Star Schweiz** [www.energystar.ch](http://www.energystar.ch)
- [85] European Commission. Website "ICT for Sustainable Growth" [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/sustainable\\_growth/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/index_en.htm)
- [86] European Commission. Website "Smarter use of energy" [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/sustainable\\_growth/energy\\_efficiency/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/energy_efficiency/index_en.htm)
- [87] **Informationsgesellschaft Bundesratsstrategie** <http://www.bakom.admin.ch/themen/infosociety/index.html?lang=de>
- [88] **Indikatoren Informationsgesellschaft** <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/16/04.html>

- [89] Sitic (**Swiss IT Intelligence Community**) [www.sitic.ch](http://www.sitic.ch)
- [90] **The Environment and ICT Working Group** (WSIS) [www.wsis.ethz.ch](http://www.wsis.ethz.ch)
- [91] **AITU-T and World Summit on the Information Society** (WSIS) <http://www.itu.int/ITU-T/tsb-director/itut-wsis/index.html>
- [92] **eceee 2009 Summer Study**, 1–6 June 2009, La Colle sur Loup, Côte d'Azur, France  
[http://www.eceee.org/summer\\_study/](http://www.eceee.org/summer_study/)
- [93] **Code of Conduct for Data Centres stakeholder meeting** in London on 20 November 2009.  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/CoC%20DC%2020Nov2009/draft%20agenda%2020%20november%20meeting.pdf>
- [94] **ENERGY STAR® Data Center Infrastructure Rating Development Update**. Web Conference, September 29, 2009  
[http://www.energystar.gov/ia/partners/prod\\_development/downloads/ENERGY\\_STAR\\_Data\\_Center\\_Prelim\\_Results\\_92909.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/ENERGY_STAR_Data_Center_Prelim_Results_92909.pdf)
- [95] **CeBIT 2009, Green IT World**, Hannover, 6. März 2009 [http://www.bitkom.org/de/themen/51051\\_55520.aspx](http://www.bitkom.org/de/themen/51051_55520.aspx)
- [96] **CIO-Forum 2009**. Der CIO als Serviceprovider und Businesspartner. 17. und 18. Juni 2009 Technopark, Zürich und IBM Research Lab, Rüschlikon <http://www.euroforum.de/data/pdf/p5100438.pdf>
- [97] **COST Foresight 2030. Workshop on Energy**. 30 June - 02 July 2009, Brugge/Bruges, Belgium  
<http://www.cost.esf.org/events/COST-Foresight-2030-4-Parallel-Workshops-on-Life-Enhancement-Energy-Food-Security-and-Natural-Resources-Management/energy>
- [98] **1st European Workshop on HPC Centre Infrastructures**. September 2nd-4th 2009, Origlio Country Club, Lugano, Switzerland [http://www.cscs.ch/378.0.html?&tx\\_seminars\\_pi1%5BshowUid%5D=7](http://www.cscs.ch/378.0.html?&tx_seminars_pi1%5BshowUid%5D=7)
- [99] **Sectoral e-Business Watch Workshop** "ICT and e-business impact in the energy supply industry", Milan (Italy), 21 May 2009 [http://www.ebusiness-watch.org/events/documents/WS\\_2009-05-21\\_Energy\\_supply\\_summary.pdf](http://www.ebusiness-watch.org/events/documents/WS_2009-05-21_Energy_supply_summary.pdf)
- [100] **Orbit 2009, „Zoom day Green IT“**, 15. Mai 2009, Zürich <http://www.orbit.ch/html/greenitinnovationawardneu.htm>
- [101] **IBM 6. Rechenzentrums-Thementag** am 26. März 2009 in Zürich [https://www-950.ibm.com/events/ww/e/grp/grp024.nsf/v16\\_agenda?openform&seminar=A5QU4BES&locale=de\\_CH](https://www-950.ibm.com/events/ww/e/grp/grp024.nsf/v16_agenda?openform&seminar=A5QU4BES&locale=de_CH)
- [102] **Swiss IT Intelligence Community**, Infrastructure & Operations Community, Topic Forums, 16 April, 10 September, 12 November 2009 [http://www.sitic.ch/co\\_co\\_in\\_op\\_tf.html](http://www.sitic.ch/co_co_in_op_tf.html)
- [103] ETH Zürich, **Computer Science Colloquium** [http://www.inf.ethz.ch/news/colloquium/Kolloquium\\_Programm\\_HS09.pdf](http://www.inf.ethz.ch/news/colloquium/Kolloquium_Programm_HS09.pdf)
- [104] **Bereichskonferenz Elektrogeräte** vom 10 November 2010, Ittigen
- [105] Aebischer B., 2009. **Energy Efficiency in the Data Centre**. Invited presentation at "1st European Workshop on HPC Centre Infrastructures", 2.-4. 9. 2009, Lugano. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Lugano-HPC\\_2-9-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Lugano-HPC_2-9-09.pdf)
- [106] Aebischer B., 2009. **ICT and Energy Efficiency**. Invited short presentation at "COST Foresight 2030 Energy Workshop", 30.6. – 2.7.2009, Bruges/Brugge. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Position\\_Paper\\_PresenterWG1\\_30-6-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Position_Paper_PresenterWG1_30-6-09.pdf)
- [107] Aebischer B., 2009. **Green IT Projekte in der Schweiz**. Invited presentation at "CIO-Forum 2009", Pre-Conference-Day, IBM Zürich Research Laboratory, Rüschlikon, 17. Juni. [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_CIO-09\\_17-6-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_CIO-09_17-6-09.pdf)
- [108] Aebischer B., 2009. **Back to the Future – Waves of rising energy use in data centers**. Invited presentation at EETD Seminars, LBNL, Berkeley, USA, 20. 4. 2009 [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_LBNL\\_20-4-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_LBNL_20-4-09.pdf)
- [109] Aebischer B., 2009. **Green IT projects in Switzerland. Measurement concept and user groups**. Invited presentation at Forum „Green IT World“, CeBIT, 6. 3. 2009, Hannover [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_CeBIT09\\_6-3-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_CeBIT09_6-3-09.pdf)
- [110] Lilischkis S., Selhofer H. and O'Donnell P. (Editors), 2009. **The sectoral e-Business Watch. ICT and e-Business Impact Studies – 2009**. Brussels/Bonn. [http://www.ebusiness-watch.org/key\\_reports/documents/BRO09.pdf](http://www.ebusiness-watch.org/key_reports/documents/BRO09.pdf)
- [111] Aebischer B., 2009. **ICT and Energy: Some Methodological Issues**. Short paper in "ERCIM News #79, Feature topic: "Towards Green ICT"", p. 12-13. Sophia Antipolis Cedex, France, ISSN 0926-4981. <http://ercim-news.ercim.org/images/stories/EN79/EN79-web.pdf>
- [112] Aebischer B., 2009. **Energieeffizienz im Rechenzentrum**. Aufsatz in "Umwelt Perspektiven", April 2009, Illnau [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Energieeffizienz-Rechenzentrum\\_UmweltPerspektiven\\_04-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Energieeffizienz-Rechenzentrum_UmweltPerspektiven_04-09.pdf) und Literaturhinweise: [http://www.cepe.ethz.ch/publications/Literaturhinweise\\_Energieanalyse\\_Energieeffizienz\\_RZ\\_29-3-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Literaturhinweise_Energieanalyse_Energieeffizienz_RZ_29-3-09.pdf)
- [113] Maucoronel C., Duc P.J., Willers J., 2009. **Standardized energy measurement concept for data centers and their infrastructures** Translation of the French Version published in 2008. Genève/Zürich [http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Measurement-concept\\_DCiE\\_10-2-09.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Measurement-concept_DCiE_10-2-09.pdf)
- [114] Souchon Foll L., 2009. TIC et Énergétique : **Techniques d'estimation de consommation sur la hauteur, la structure et l'évolution de l'impact des TIC en France**. Version publique. Thèse de doctorat de l'Institut National des Télécommunications dans le cadre de l'école doctorale SITEVRY en co-accréditation avec l' Université d'Evry-Val d'Essonne. Thèse n°2008INT0010. Meylan [http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Souchon\\_these\\_version-publique.pdf](http://www.biblioite.ethz.ch/downloads/Souchon_these_version-publique.pdf)
- [115] Corliano A., Hufschmid M.: **Energieverbrauch der mobilen Kommunikation**. Forschungsprogramm Elektrizität, Bundesamt für Energie, Ittigen, Februar 2008  
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000009642.pdf&name=000000280030.pdf>
- [116] Aebischer B., Frischknecht R., Genoud Ch., Huser A. und Varone F., 2003. **Energy- and Eco-Efficiency of Data Centers**. Study commissioned by DIAE/ScanE of the Canton of Geneva, Geneva, January.  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_data\\_centers\\_final\\_report\\_05012003.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_data_centers_final_report_05012003.pdf)
- [117] Huser A., Bänninger M., 2008. **STROMEFFIZIENTE RECHENZENTREN DURCH SENSIBILISIERUNG ÜBER EINE TRANSPARENTE KOSTENRECHNUNG**. Bundesamt für Energie, Ittigen

<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=00000009916.pdf&name=00000280093> und  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=00000009916.xls&name=00000280093\\_RZ-Kostenmodell](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=00000009916.xls&name=00000280093_RZ-Kostenmodell)

[118] COST Foresight 2030. A new society in the making: a COST Interdisciplinary Strategic Initiative in the wake of the Digital Revolution [www.cost.esf.org/module/download/5286](http://www.cost.esf.org/module/download/5286)

[119] ÖBU, 2009. Green IT Innovation Award: Swisscom, Mobility und Unblu sind die ersten Sieger.  
<http://www.oebu.ch/de/artikel.php?id=463>