



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.

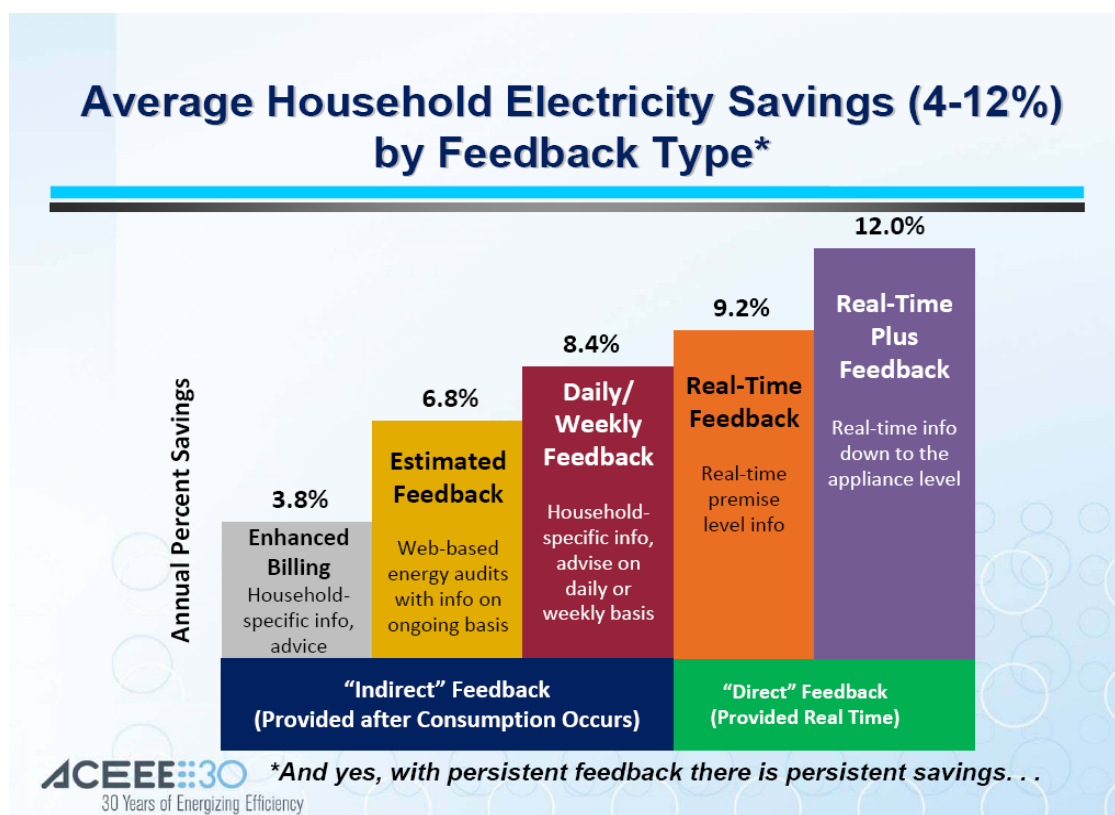
## INFORMATIONSBESCHAFFUNG

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.

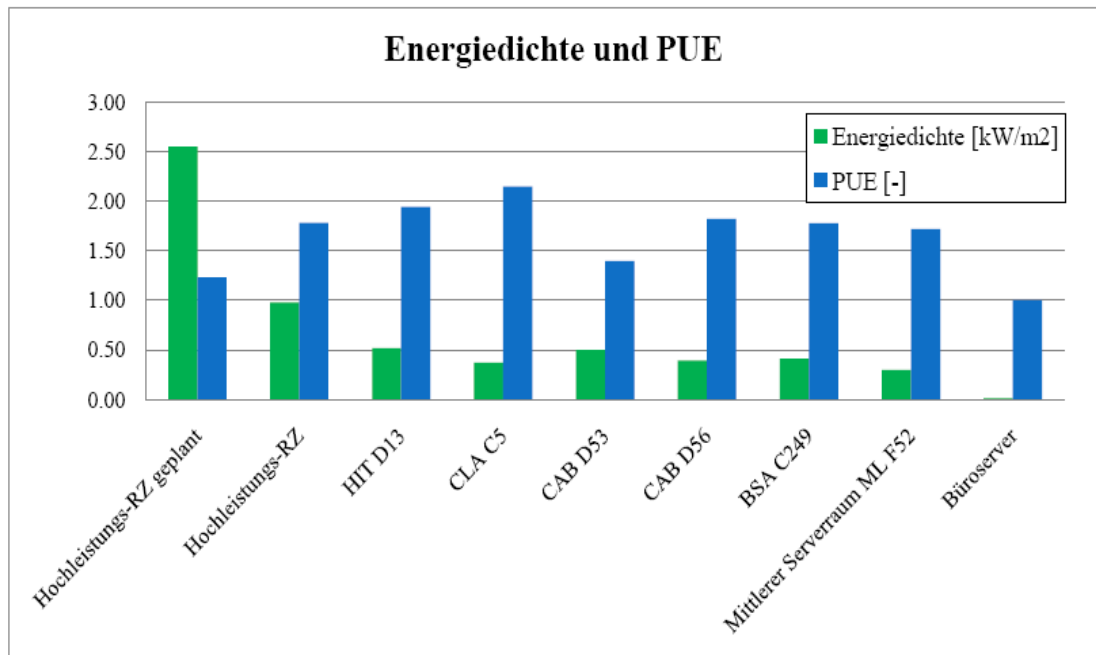


Abbildung 21: Energiedichte und PUE der Raumklassen

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“.

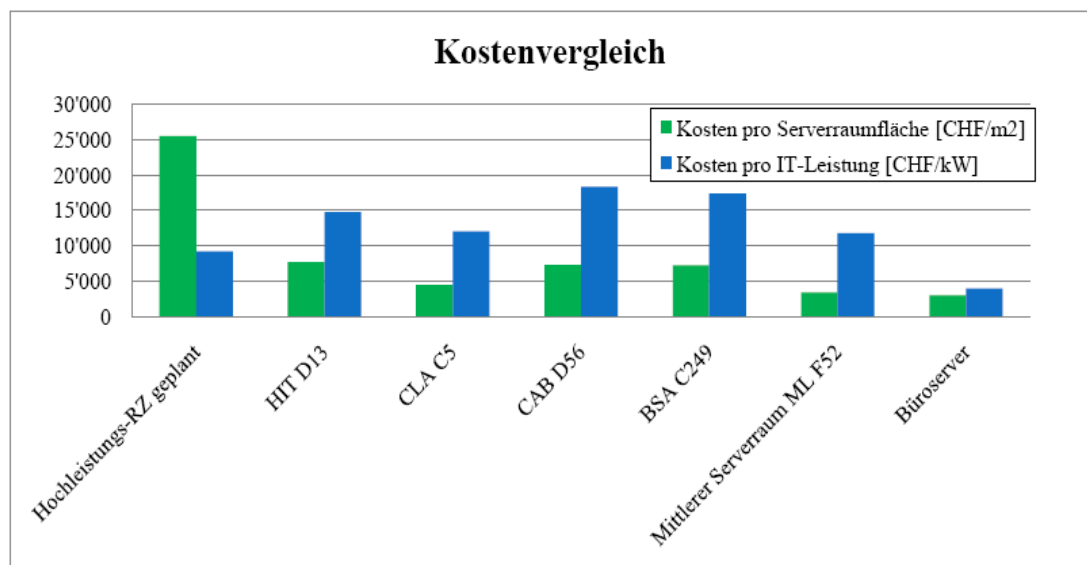


Abbildung 23: Kostenvergleich der Raumklassen

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 Sparsmassnahmen 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 Energiesparsmassnahmen, 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 Mobilfunker 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/AIIA%20and%20the%20ICT%20Industry/Green%20IT%20White%20Paper/AIIA%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/Pressemitteilungen/2009-11-19\\_OFFIS-Studie\\_zum\\_Lastmanagement\\_in\\_Rechenzentren\\_Veroeffentlichung.pdf](http://www.offis.de/fileadmin/Chefredakteur_files/PDFs/Pressemitteilungen/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=BT0-9zGRiMEC&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=BT0-9zGRiMEC&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,Inp6i0NTU042i2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2YyuqZ26gpJCDdX95e2ym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.bakom.admin.ch/themen/infosociety/00695/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6i0NTU042i2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2YyuqZ26gpJCDdX95e2ym162epYbg2c_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)