

Energieverbrauch und Energieeffizienz in Rechenzentren

Dr. Bernard Aebischer
Senior Energy Analyst
CEPE/ETHZ

SSI-Fachtagung vom 20. Mai 2008
„Rechenzentren heute: sicher und ökologisch“

Überblick

- Zur Entwicklung der Energienachfrage von IKT
- Wachsende Bedeutung der Infrastruktur
- Energieverbraucher im Rechenzentrum
- Indikatoren für Energieeffizienz von Rechenzentren
- Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz

Energienachfrage von IKT

$$\text{Energie}(t) = \sum_{ijk} n_i(t) * e_{ijk}(t) * u_{ijk}(t)$$

mit n: Anzahl Geräte vom Typ i
 e: elektr. Leistungsbezug im Zustand j
 u: Nutzungsintensität des Nutzertyps k

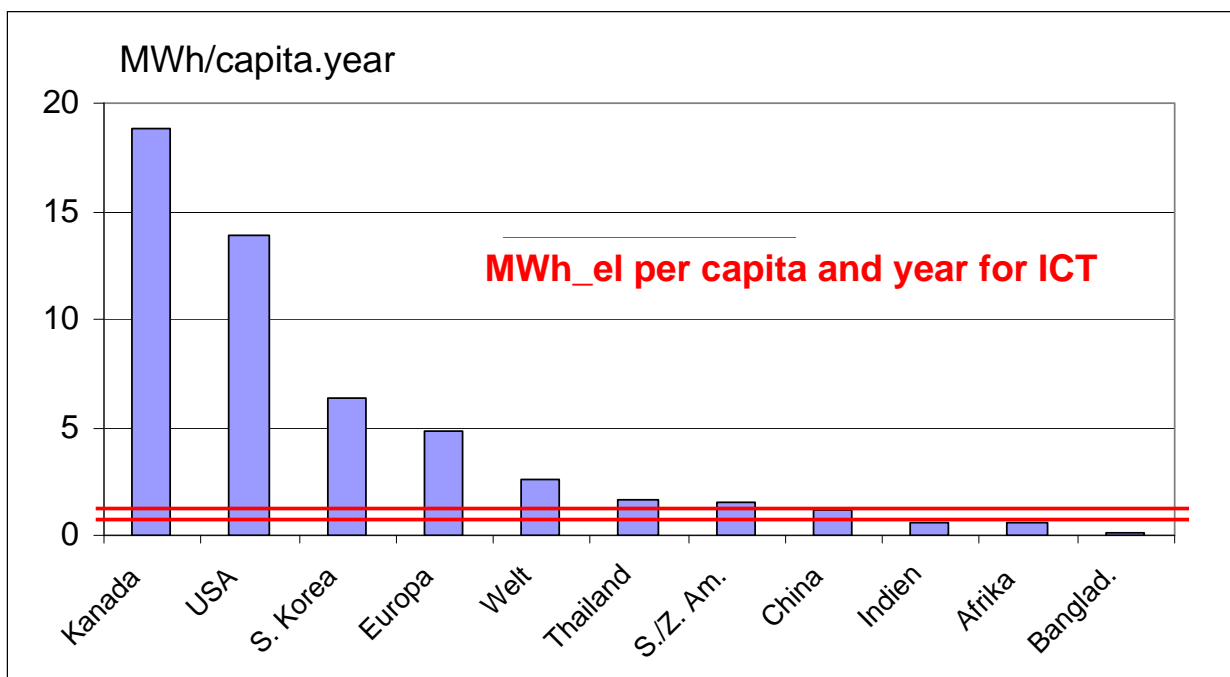
Computer, Bürogeräte, Unterhaltungselektronik, Internet, Telekommunikation, ...

- Ungefähr 5% des Gesamtstromverbrauchs CH

Aber > 85% aller Mikroprozessoren anderswo eingesetzt →

- 10% des Gesamtstromverbrauchs CH, oder
- etwa 1 MWh pro Person und Jahr

Energienachfrage von IKT



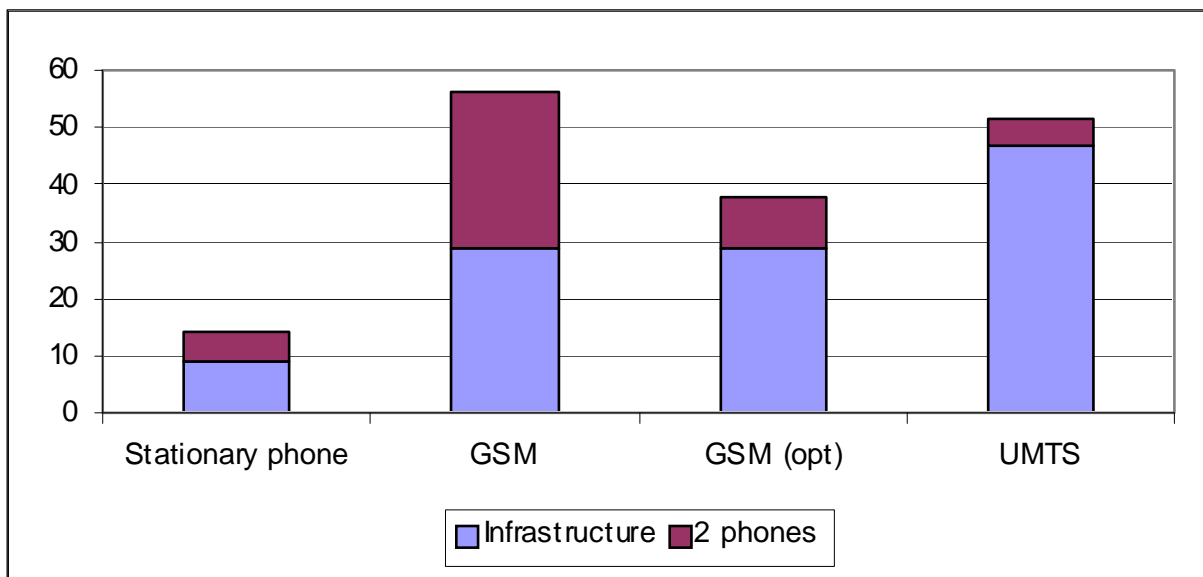
Elektrizitätsverbrauch total pro Person in verschiedenen Ländern/Regionen und Elektrizitätsverbrauch für IKT pro Person in CH, USA, ... (Aebischer/Roturier, 2007)

Energienachfrage von IKT

		2001	2010	2001->	2001	2010	2001->	2001->
		TWh/a	TWh/a	TWh/a	% total	% total	% increase	%/a increase
End-use appliances	in households	19.1	24.5	5.3	50%	44%	28%	2.8%
	in offices	7.8	7.6	-0.2	21%	14%	-2%	-0.2%
Infra-structure	in households	3.4	6.4	3.0	9%	12%	89%	7.3%
	in offices	5.4	11.1	5.7	14%	20%	105%	8.3%
	public	2.3	5.8	3.6	6%	10%	158%	11.1%
Total	ICT	38.0	55.4	17.4	100%	100%	46%	4.3%

Elektrizitätsnachfrage für IKT in Deutschland in 2001 und 2010 aufgeteilt nach Endgeräten in Haushalten und in Büros und nach "Infrastruktur" in Haushalten, in Büros und ausserhalb. (Cremer, Aebischer et al., 2003)

Bedeutung der Infrastruktur



Spezifischer Stromverbrauch der Telekommunikation, in kWh/Gbit, aufgeteilt nach Endgeräten (inkl. Ladegerät) und Infrastruktur (Faist et al., 2003)

Bedeutung der Infrastruktur

	TWh/a	TWh/a		
	2000	2005	Growth	Growth rate
US	23.3	45.1	94%	14%
Western Europe	15.1	33.3	121%	17%
Japan	6.7	12.9	93%	14%
Asian Pacific	5.8	16.0	176%	23%
Rest of World	7.6	15.5	104%	15%

Elektrizitätsnachfrage Server (inklusive Infrastruktur um die Server zu nutzen) in fünf Weltregionen (Koomey, 2007/2)

Energieverbraucher Rechenzentren

Anteil Landesverbrauch: 0.1% - 1%

- 1.3%: Grossrechner, 1988, Schweiz (Spreng/Aebischer, 1990)
- 0.7%: Grossrechner/Server, 1999, Schweiz (Aebischer et al., 2002)
- 0.3%: Grossrechner, Server, 2000, USA (Roth et al., 2002)
- 0.8%: Server, 2001, Deutschland (Cremer et al., 2003)
- 0.6%: Server, 2005, USA (Koomey, 2007)

Energieverbrauch regional/lokal: 1% -10%

z.B. Kanton Genf (Aebischer et al., 2003)

20 MW Data Center = 80'000 Personen

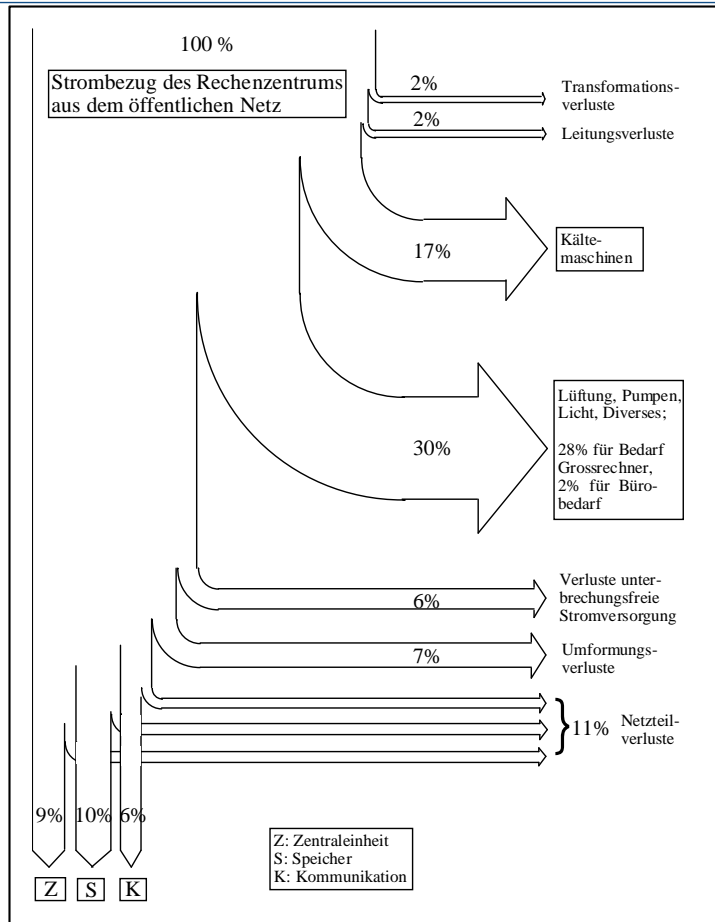
Energiefluss in einem RZ (4 MW)

50% Kälteproduktion, Wärmeabfuhr

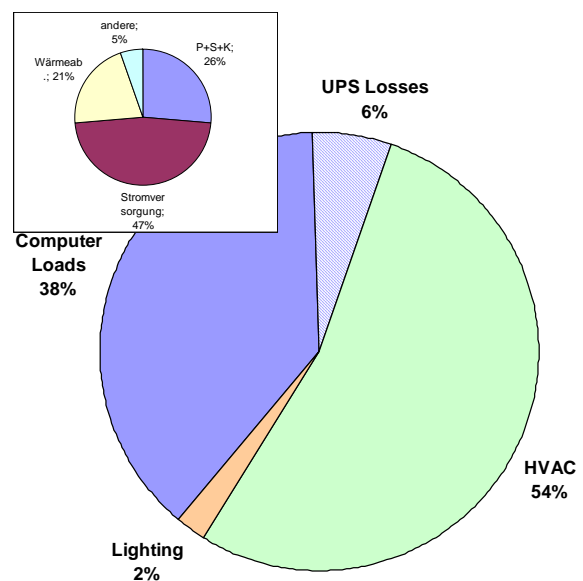
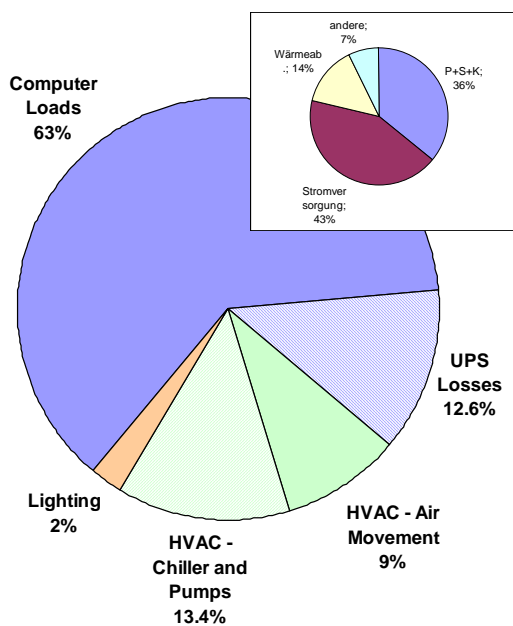
25% Strom-Übertragung und -Transformation, inkl. USV

25% Zentraleinheit (Z), Speicher (S) and Kommunikation (T)

Quelle:
Spreng/Aebischer, 1990



Energieverbraucher Rechenzentren



Grobe Aufteilung nach Verwendungszweck des Stromverbrauchs in zwei Rechenzentren (LBNL, Messung) und feinere Aufteilung nach Verwendungszweck der „Computer Loads“ (CEPE, typisch)

Indikatoren für Energieeffizienz von RZ

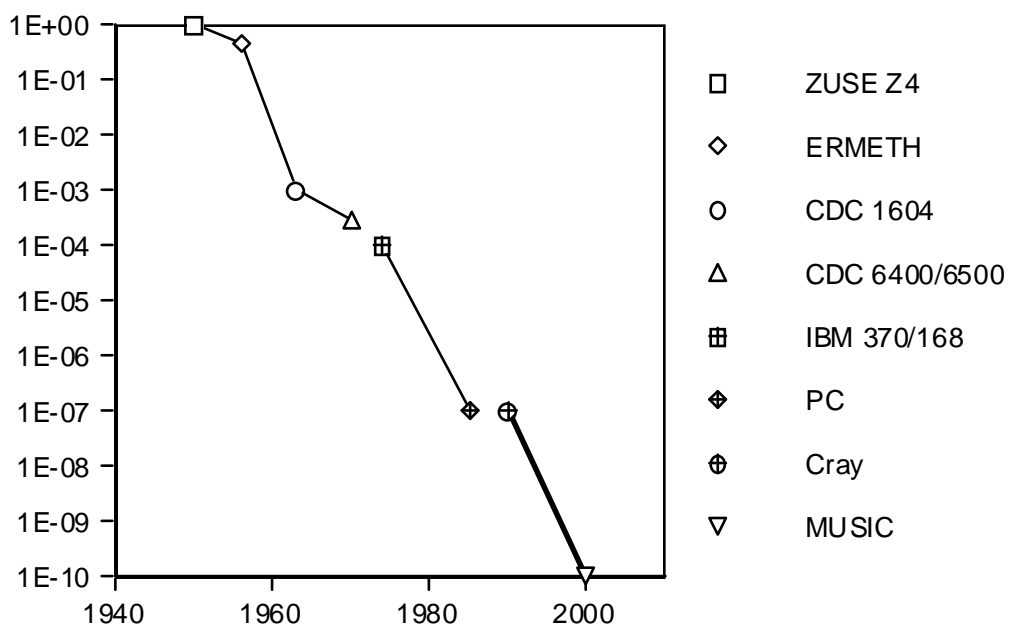
Idealvorstellung für Mass/Indikator der Energieeffizienz

- Energie pro Dienstleistung (*nicht Energie pro Rechenleistung!!!*)
- Benchmarking: gut-schlecht
- Technische, betriebliche Massnahmen
- „Best practice“/Zielwerte → freiwillige Vereinbarungen, Vorschriften

Probleme

- Definition und Messung der (Energie-)Dienstleistung
- Technischer Fortschritt zu schnell, Lebenszyklus zu kurz

Indikatoren für Energieeffizienz von RZ



Relative Entwicklung des spezifischen Strombedarfs von Computergenerationen (Aebischer/Mutzner/Spreng, 1994; Aebischer/Bradke/Kaeslin, 2000)

Indikatoren für Energieeffizienz von RZ

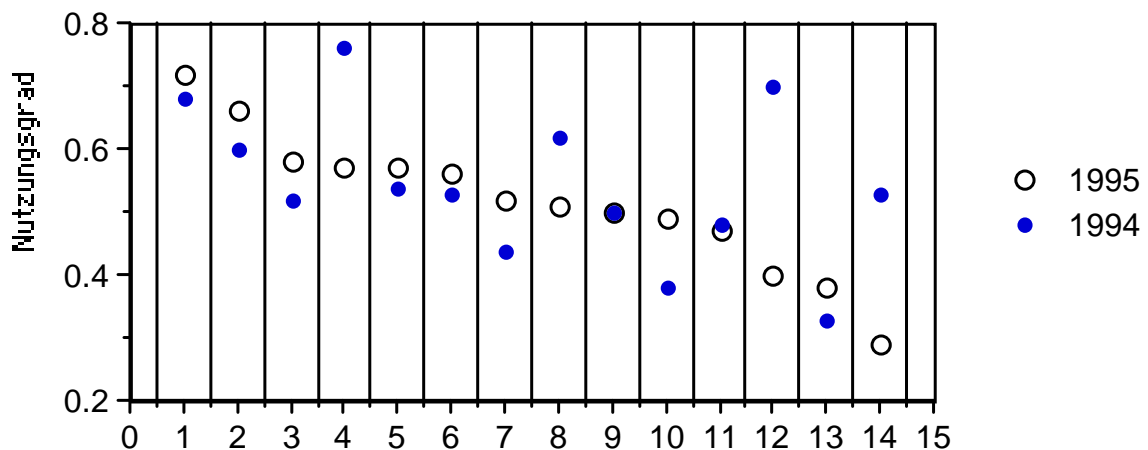
Effizienz der zentralen Infrastruktur (Stromversorgung, Wärmeabfuhr, "Massnahmen Zuverlässigkeit")

- $C1 = DCiE = 1/PUE =$
 $= (\text{Stromverbrauch IKT}) / (\text{gesamter Stromverbrauch RZ})$

Kapazitätsauslastung der Geräte

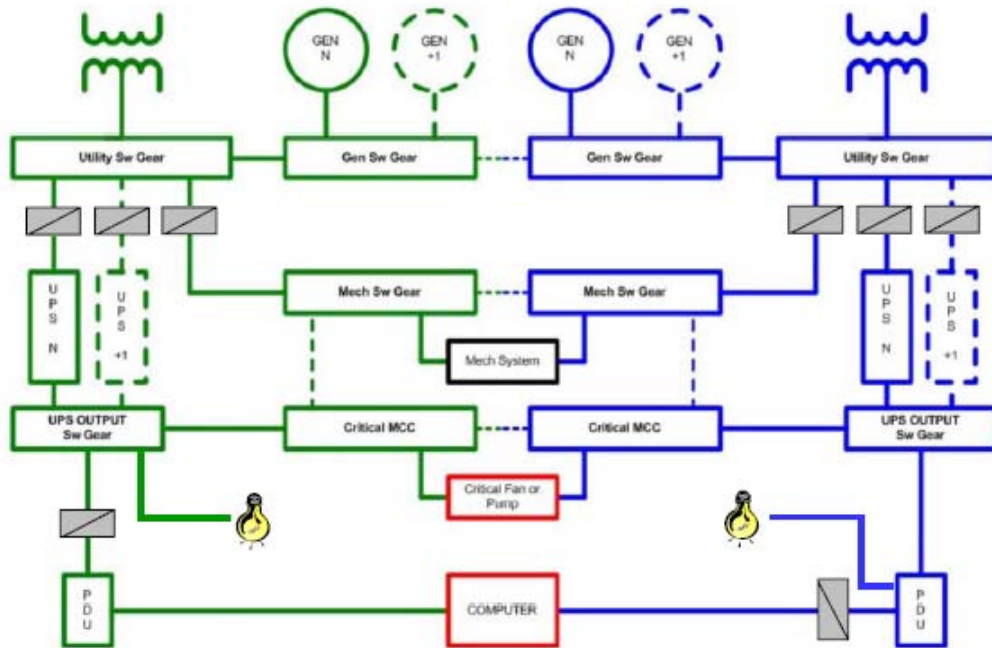
Indikatoren für Energieeffizienz von RZ

C1 ist ein guter Indikator, vorausgesetzt, dass ein gutes Messkonzept angewendet wird



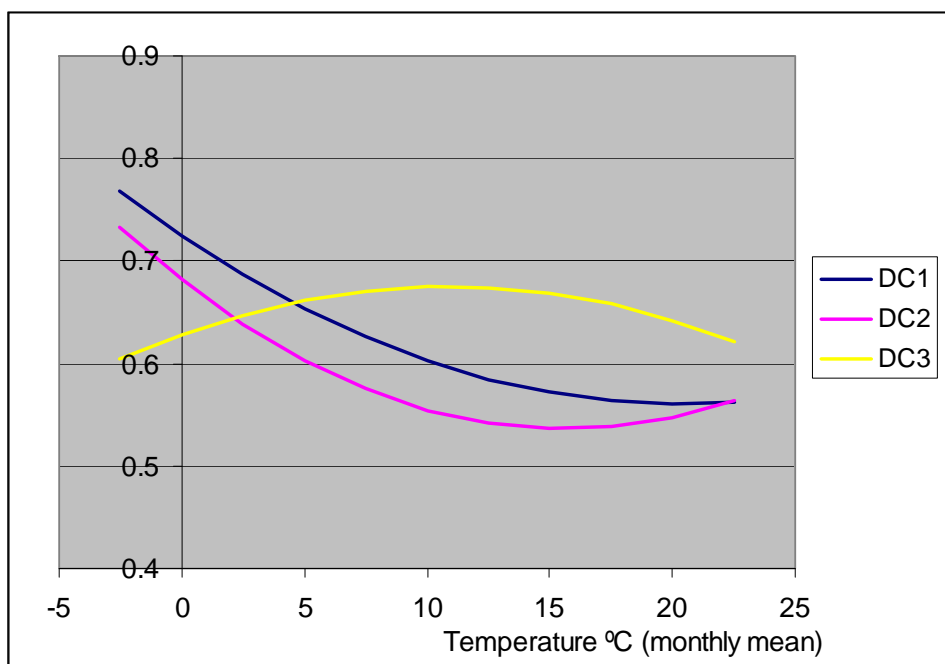
C1 in 1994 und 1995 in 14 Rechenzentren in der Schweiz
 (Bänninger, 1996, in Aebischer, 1996)

Indikatoren für Energieeffizienz von RZ



Messschema für Tier IV Rechenzentrum mit eigener Stromversorgung und Kühlungsinfrastruktur; Maucoronel/Duc/Willers, 2008

Indikatoren für Energieeffizienz von RZ



C1 (Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur) in drei Rechenzentren (DC1 – DC3) in Abhängigkeit der durchschnittlichen (monatlichen) Aussentemperatur; Swiss DCEE Group, 2007; Bänninger, 2007

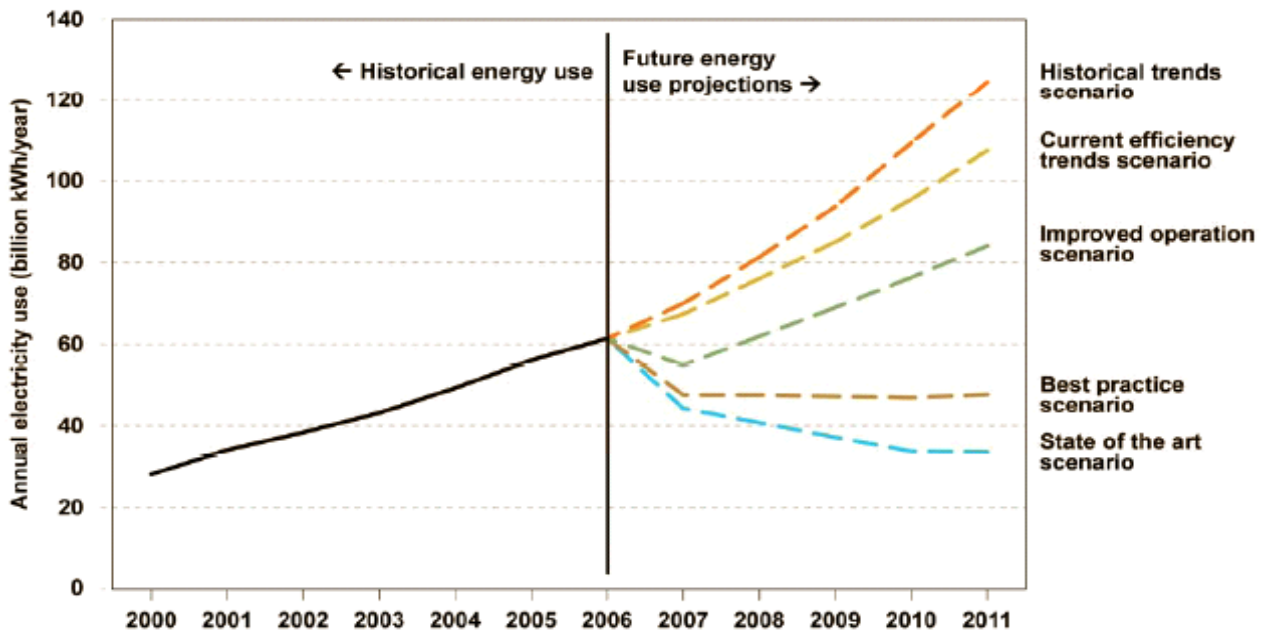
Massnahmen zur Energieeffizienzsteigerung

- Detailliertere Messungen und Analysen notwendig als aggregierte Indikatoren wie C1 (DCiE)
 - Technische, organisatorische (IT- und Facility-Planning/Management; „Chefsache“) und flankierende Massnahmen (Anreize finanzieller oder anderer Natur)
- Strukturierung und Beispiele von Massnahmen aus Projekt „Code of Conduct for Data Centres“ (Draft 0.8, Annex C)
- http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data%20centers.htm

Massnahmen zur Energieeffizienzsteigerung

- Wärmeabfuhr: “free cooling”, Temperaturniveaux
- Stromversorgung: modularer Aufbau USV
- Gebäude: Standort mit Nutzungsmöglichkeiten Abwärme
- Management/Planung: Zuverlässigkeitsanforderungen nach realem Bedarf (→ TCO!)
- IT-Geräte und Dienstleistungen:
 - Offene Ausschreibung für IT-Geräte → Effizienz Stromversorgung und zugelassener Temperatur- und Feuchtigkeitsbereich;
 - Virtualisierung;
 - Effiziente Software
- Energieverbrauchsmessung: automatische mindestens stundenweise Auslesung

Massnahmen zur Energieeffizienzsteigerung



Elektrizitätsnachfrage der Server in den USA bis 2011 bei unterschiedlichen Effizienzmassnahmen (EPA, 2007, Figure ES-1)

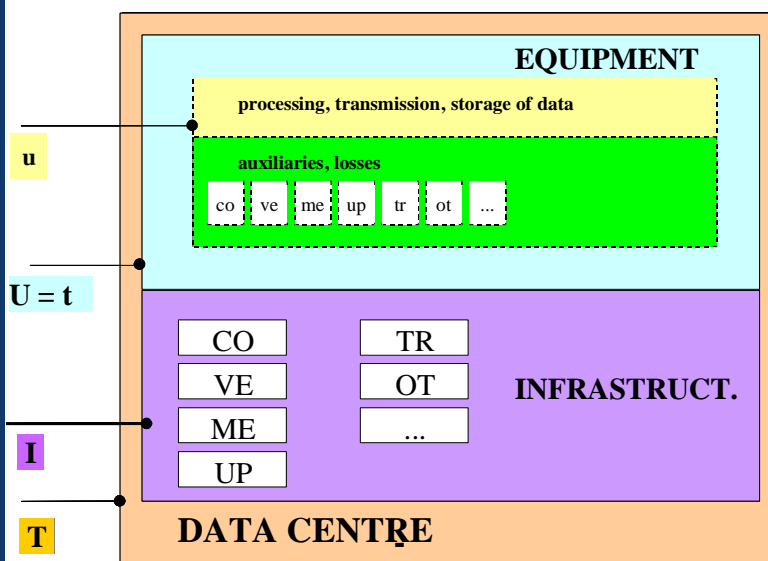
Referenzen, Literatur (1)

- Aebischer, 2007. Energieverbrauch und Energieeffizienz in Rechenzentren. Präsentation am 4. Rechenzentrum-Thementag der IBM Schweiz, 25. April <http://www.ethlife.ethz.ch/articles/taqes/GruenesRZ.html>
- Aebischer B. und J. Roturier, 2007. Infrastructures de la Société de l'information: un gigantesque défi énergétique. A paraître dans "Infrastructures et Energie" édité par Lachal, Hollmuller et Romerio, CUEPE (Université de Genève) dans la série de publication "Energie, Environnement et Société"
- Aebischer et al., 2003. Energy- and Eco-Efficiency of Data Centres. Report commissioned by the Canton of Geneva, Geneva, Switzerland http://www.cepe.ch/research/projects/datacentres/data_centres_final_report_05012003.pdf
- Aebischer et al., 2002. CO₂-Reduktionspotential Erdgas. Projektphase 1: Referenzszenario. Studie im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Gasindustrie. Zürich http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_2002_CO2-Erdgas_Phase_1.pdf
- Aebischer B., Bradke H. und Kaeslin H., 2000. Energie und Informationstechnik. Energiesparer oder Energiefresser?. Bulletin der ETH Zürich, Nr. 276 (January), 40-42. <http://fm-cc.ethz.ch/cc/bulletin/FMPro?-db=bulletin.fp5&-format=bulletin%5fdetail%5fde.html&-lay=html&-sortfield=seite&-op=eq&Heftnummer=276&-max=2147483647&-recid=120&-find=>
- Aebischer B., 1996 Rationellere Energieverwendung beim Einsatz von Computern. Proceedings der Fachtagung SIWORK '96 "Workstations und ihre Anwendungen". Zürich 14.-15. Mai 1996. vdf-Verlag (ISBN: 3 7281 2342 0)
- Aebischer B., Mutzner J. und Spreng D., 1994. Strombedarfentwicklung im Dienstleistungssektor. Bulletin SEV/VSE 16/94
- Bänninger M., 2007. Energy consumption of a large data centre in the financial sector in Zurich. Internal working paper. Zurich
- CoC, 2008. Code of Conduct for Data Centres, Draft 0.8, Annex C, Ispra, April http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data%20centers.htm
- Cremer et al., 2003. Energy Consumption of Information and Communication Technology (ICT) in Germany up to 2010. Summary of the final report to the German Federal Ministry of Economics and Labour. FhG-ISI and CEPE, Karlsruhe/Zürich http://www.cepe.ethz.ch/publications/ISI_CEPE ICT_english.pdf

Referenzen, Literatur (2)

- 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
- Faist Emmenegger M. et al., 2003: LCA des Mobilfunksystems UMTS. Finanziert durch Forschungsstiftung Mobilkommunikation, ETHZ, Uster www.mobile-research.ethz.ch/var/sb_frischknecht_pref7.pdf
- Koomey J.G., 2007. ESTIMATING TOTAL POWER CONSUMPTION BY SERVERS IN THE U.S. AND THE WORLD, Stanford/Berkeley
<http://enterprise.amd.com/Downloads/svrpwrusecompletefinal.pdf>
- Koomey J.G., 2007/2. Estimating regional power consumption by servers: a technical note. Final report, Stanford University, Dec. 5
http://www.amd.com/us-en/assets/content_type/DownloadableAssets/Koomey_Study-v7.pdf
- Laitner J.A. „Skip“ and 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 E081, February, Washington
<http://aceee.org/pubs/e081.pdf?CFID=417135&CFTOKEN=47920663>
- Maucoronel C., P.-J. Luc and J. Willers, 2008. Concept de mesure standardisé pour les centres de calculs et leurs infrastructre. Elaborated by Amstein+Walthert and Willers Engineering. On behalf of the Canton of Geneva. April
- Roth et al., 2002. Energy Consumption by Office and Telecommunications Equipment in Commercial Buildings. Volume I: Energy Consumption Baseline. http://www.eere.energy.gov/buildings/info/documents/pdfs/office_telecom-vol1_final.pdf
- Spreng D. und Aebischer B., 1990. Computer als Stromverbraucher. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 50 Dezember
- Spreng D., 1993. Possibility for Substitution between Energy, Time and Information. Energy Policy, Vol. 21, Nr. 1, January
- Swiss DCEE group, 2007. Swiss DataCentre EnergyEfficiency Group. Internal working paper. Zurich

Indikatoren für Energieeffizienz von RZ



Quelle: Aebischer et al., 2003,
 Aebischer, 2007

Indikator für Gesamt-Energieeffizienz der Infrastruktur:

$$\begin{aligned}
 \text{CEE} &= u/T \\
 &= U/T * u/t \\
 &= C1 * c2
 \end{aligned}$$

• C1 = Indikator für Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur

• c2 = Indikator für Energieeffizienz der Infrastruktur der IKT-Geräte

Blick auf Sicherheit \leftrightarrow Energie

- Sicherheit \rightarrow Redundanz \rightarrow mehr Geräte \rightarrow höherer Energieverbrauch
- Aber: Energiesparen kann Sicherheit erhöhen, z.B. Geräte/Server bei Nicht-Gebrauch ausschalten
- Wie hoch muss die Sicherheit für welche Dienstleistungen sein?
- Sicherheit \leftrightarrow Geschwindigkeit (Storage, Archivierung)
- ...