

Energieverbrauch und Energieeffizienz von Rechenzentren – Entwicklungen und Messkonzepte

Dr. Bernard Aebischer, CEPE, ETH Zürich

Fachdialog „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren“,
BMU, Berlin, 3. 7. 2007



Inhalt

- Energieverbrauch RZ: heute und Entwicklung
- Wozu wird die Energie im RZ genutzt
- Energieeffizienz RZ: Definition, Mass („metrics“) – Indikator, Anwendungen
- Literaturhinweise

Inhalt

- **Energieverbrauch RZ**
- Wozu wird die Energie im RZ genutzt
- Energieeffizienz RZ
- Literaturhinweise

Energieverbrauch Rechenzentren (ohne Infrast.)

Anteil Landesverbrauch: 0.1% - 1%

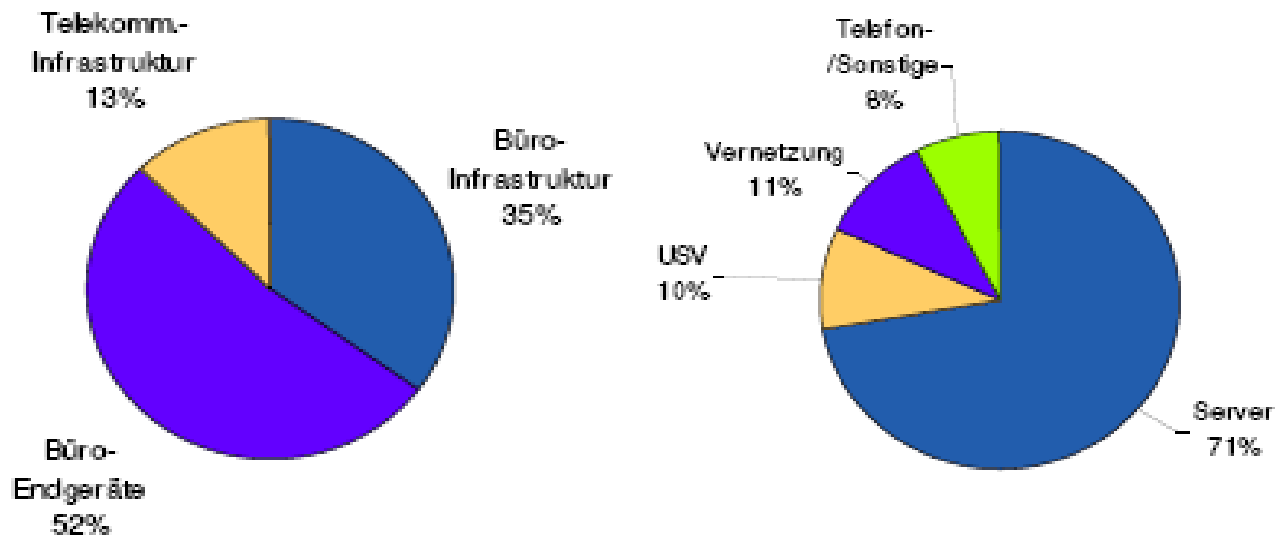
- 1.3%: Grossrechner, 1988, Schweiz (Spreng/Aebischer, 1990)
- 0.7%: Grossrechner/Server, 1999, Schweiz (Aebischer et al., 2002)
- 0.3%: Grossrechner, Server, 2000, USA (Roth et al., 2002)
- 0.8%: Server, 2001, Deutschland (Cremer et al., 2003)
- 0.6%: Server, 2005, USA (Koomey, 2007)

Energieverbrauch regional/lokal: 1% -10%

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

20 MW Data Center = 80'000 Personen

Anteil Rechenzentren an IKT im DL-Sektor



Quelle: encontrol/CEPE, 2007

Entwicklung der Energienachfrage Server und RZ

Servers

- Deutschland: Cremer et al. (2003)
 - 2004/2001 +47%, 2010/2004 +48%
- USA, weltweit: Koomey (2007)
 - 2005/2000 +90% (USA), +110% (weltweit)

Data Centres

- Steigende Bedeutung der Infrastruktur
- «Outsourcing»?; «Services not servers» (Virtualisierung)?
- Wird die Schweiz ein interessanter Standort für Data Centres von global tätigen Firmen?!

Inhalt

- Energieverbrauch RZ
- **Wozu wird die Energie im RZ genutzt**
- Energieeffizienz RZ
- Literaturhinweise

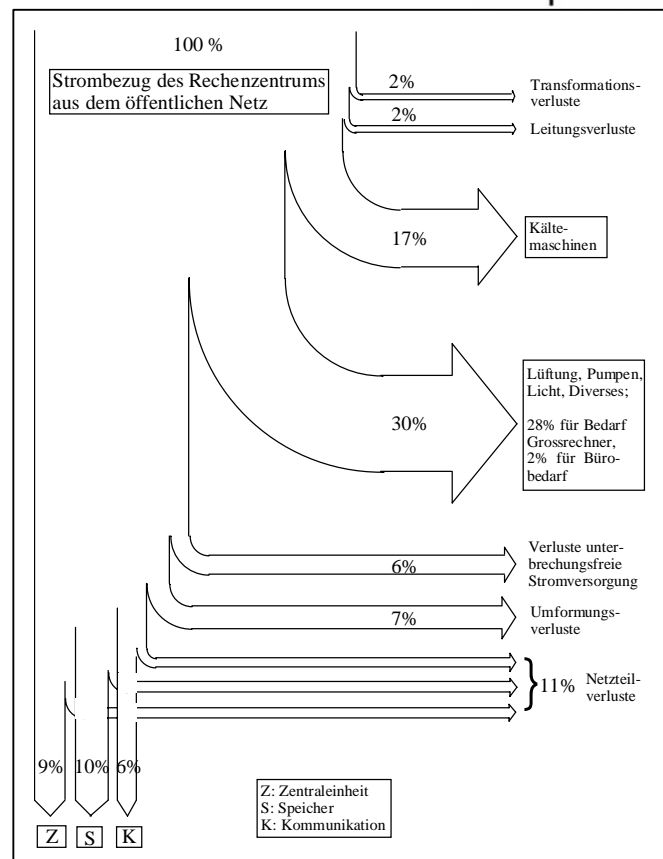
Energiefluss eines RZ (4 MW)

50% Kälteproduktion,
Wärmeabfuhr

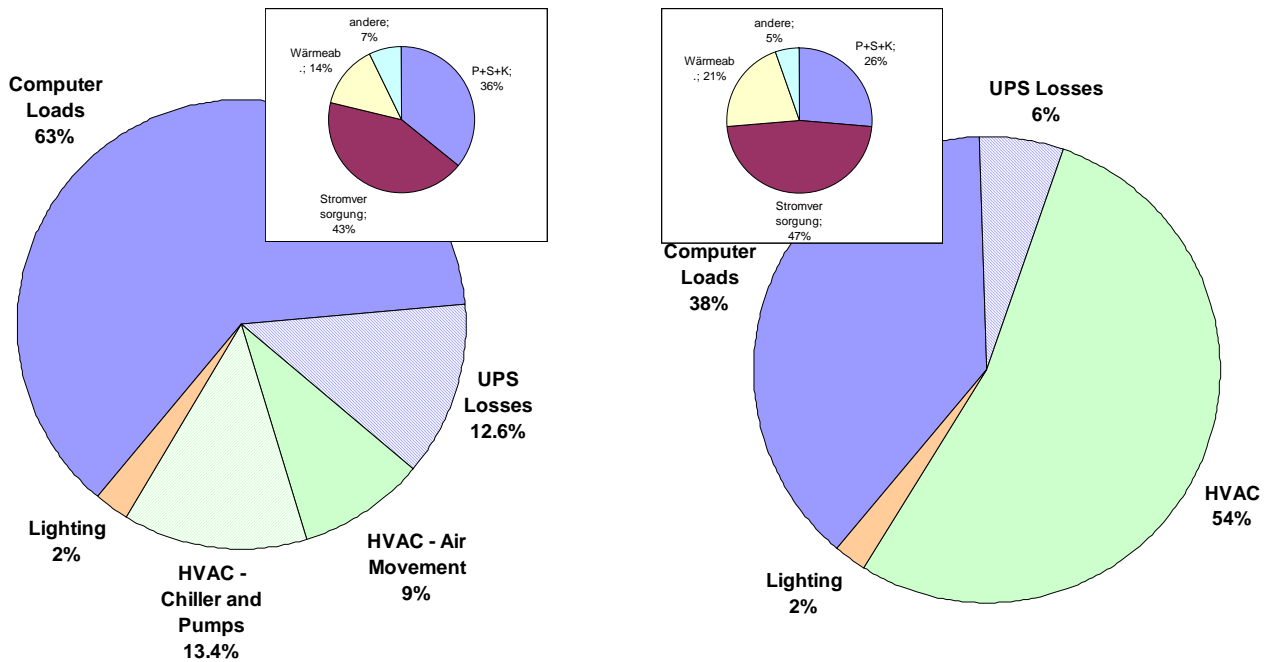
25% Strom-Übertragung und -Transformation, inkl. USV

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

Quelle:
Spreng/Aebischer, 1990



Grob-Aufteilung Stromverbrauch Data Centre (LBNL, Messung) und Fein-Aufteilung Computer Load (CEPE, typisch)



Aufteilung Stromverbrauch Server

Table 4-4: Energy use patterns in a server before and after energy use optimisation

	before optimisation %	before optimisation W	after optimisation W	after optimisation %
processors, storage devices, input/output	(20-30)%	40-60.	40-60.	(30-40)%
power supply, including power factor correction	(30-60)%	60-120.	60.	40%
fans: heat evacuation by fans	(10-30)%	20-60.	20.	13%
uninterruptible power supply, UPS	(5-20)%	10-40.	10.	6%
other losses	(0-10)%	0-20.	10.	6%
total	100%	200	140-160.	100%

Quelle: Aebischer et al., 2003

Inhalt

- Energieverbrauch RZ: heute und Entwicklung
- Wozu wird die Energie im RZ genutzt
- **Energieeffizienz RZ**
- Literaturhinweise

Energieeffizienz RZ

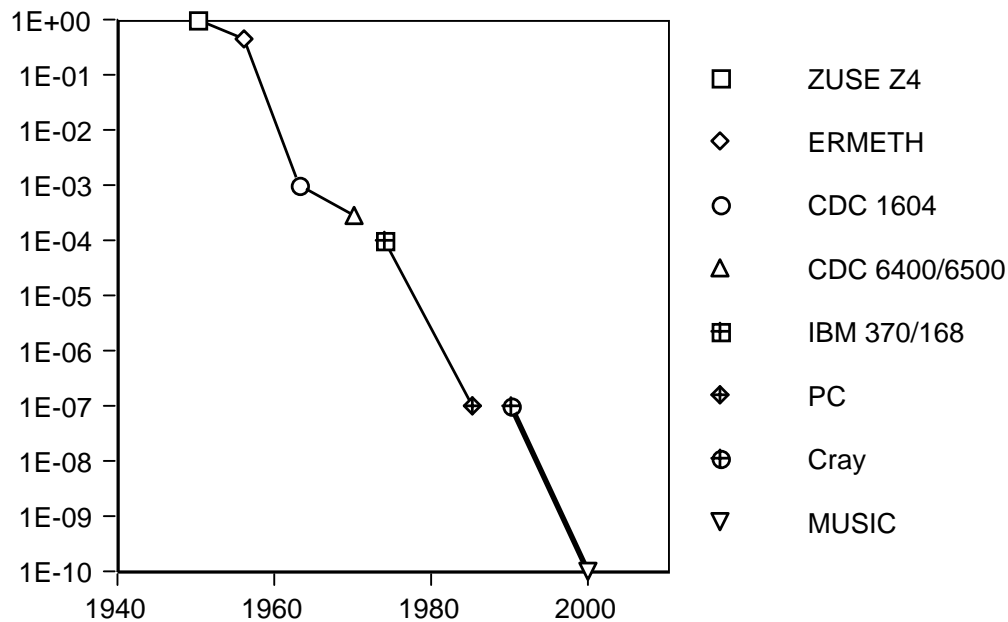
Idealvorstellung für Mass/Indikator der Energieeffizienz

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

Probleme

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

Relative Entwicklung des spezifischen Strombedarfs von Computergenerationen

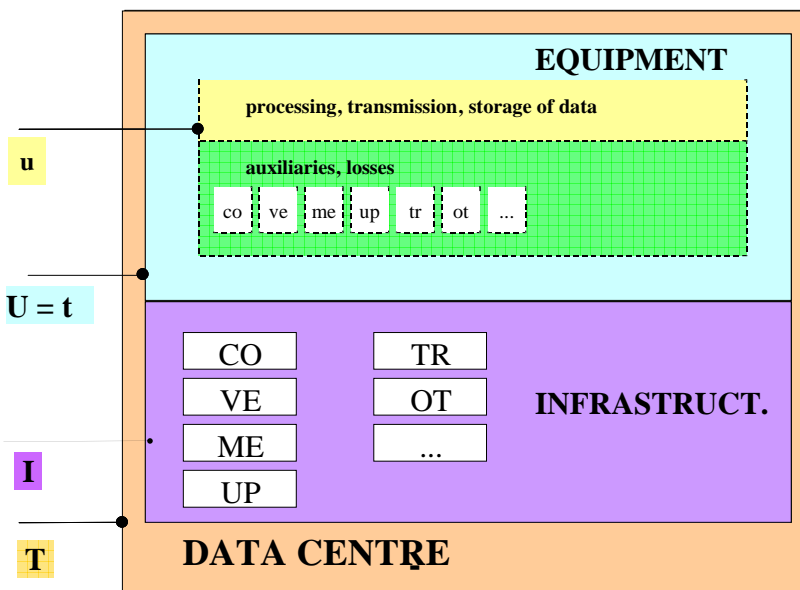


Quelle: Aebischer/Mutzner/Spreng, 1994, und Aebischer/Bradke/Kaeslin, 2000

Was tun?

- Optimierung der Infrastruktur (Elektrizitätsversorgung, Wärmeabfuhr, “Massnahmen Zuverlässigkeit”) und des Betriebs
- → Konzept von Indikatoren für den Kanton Genf (2003)

Energieeffizienz-Indikator für RZ (Konzept Genf)



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

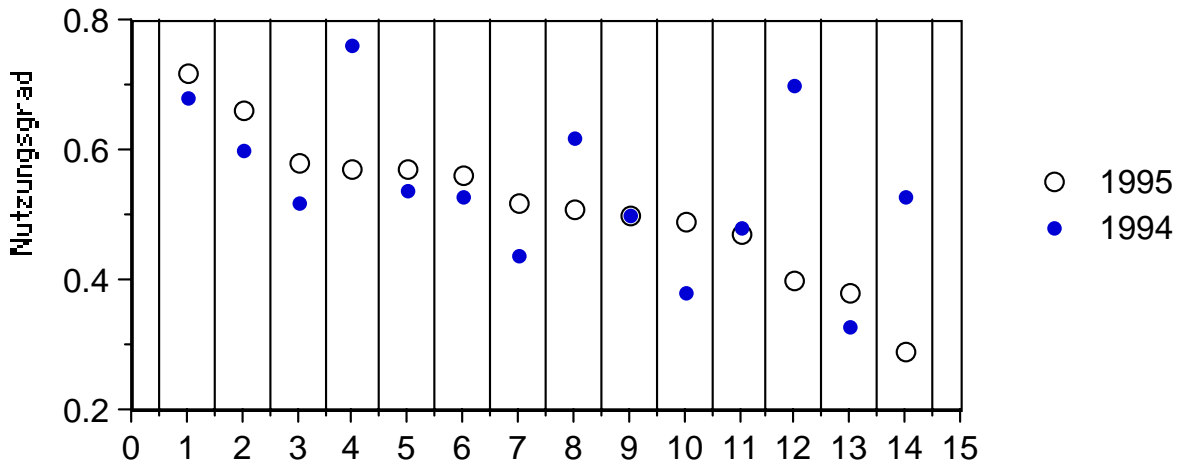
Indikator für Gesamt-Energieeffizienz:

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

- C1 = Indikator für Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur
- c2 = Indikator für Energieeffizienz der Infrastruktur der IKT-Geräte

C1 ist ein guter Indikator

... vorausgesetzt, dass ein gutes **Messkonzept** angewendet wird



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

Zielwerte für C1 (freiwillige Vereinbarungen)

Bau- und Betriebsbewilligung mit Zielwert für C1 (Witterungsverhältnisse Genf): 0.65 neue RZ

0.55 bestehende RZ

Monitoring, Benchmarking, event. Anpassung der Zielwerte

Falls Zielwerte nicht erreicht → detaillierte technische Spezifikationen (“Peitsche”!)

→ Zusätzliche “Metriken” und/oder technische Anforderungen für Untersysteme der zentralen Infrastruktur, z.B. Kühlen (Ashrae TC 9.9), Stromversorgung (CoC UPS)

c2 ist kein guter Indikator

... weil c2 nicht gemessen werden kann

Alternativen?

- Effizienzindikatoren für Netzgeräte (Power Supplies), Wärmeabfuhr, “Zuverlässigkeitsmassnahmen”, ...?
 - zu komplex?
 - z.B. wie DC-DC Wandler ausserhalb der Netzgeräte berücksichtigen?
- Qualitätslabel für IT-Geräte und/oder
- **CoC mit Geräteherstellern (z.B. Server)!**?

Problem: 1 Server -> 1000 IT-Geräte

Wie kann die Energieeffizienz der folgenden Aufgaben definiert/gemessen werden:

- Konfiguration der Racks (inklusive Redundanz von Netzgeräten und lokaler USV) and
- Nutzung/Einsatz der Geräte (insbesondere Kapazitätsauslastung)?

→ Information/Ausbildung (→ z. B. Merkblätter BFE)

→ Demonstration von "best practice"

→ **CoC mit ausgewählten Betreibern** von vielen Rechenzentren!?

Quellen/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/tagess/GruenesRZ.html>
- Aebischer B., Eubank H. and Tschudi W. (2004). Energy Efficiency Indicators for Data Centers, Proceedings of the International Conference on "Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings, IECEB'04", Frankfurt, 21 – 22 April. http://www.cepe.ch/download/staff/bernard/Aebischer_IECEB04_final.pdf
- 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. and 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. Strombedarfsentwicklung im Dienstleistungssektor. Bulletin SEV/VSE 16/94
- 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 der Energieeinsparung in diesen Bereichen, Studie von FhG-ISI und CEPE im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Karlsruhe/Zürich <http://www.cepe.ch/download/projects/INFO-KOM/ISI%2BCEPEluK-Abschlussbericht.pdf>

Quellen/Literatur (2)

- Encontrol/CEPE, 2007. Stromverbrauch der IKT im Dienstleistungssektor in der Schweiz. Interner Zwischenbericht.
- 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>
- 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
- RMI (edt.), 2003. Design Recommendations for High-Performance Data Centers, <http://www.rmi.org/sitepages/pid626.php>
- Spreng D. und Aebischer B., 1990. Computer als Stromverbraucher. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 50 Dezember