

# Energieeffizienz im Rechenzentrum

**Der Energieverbrauch von Rechenzentren war bereits in den Achtzigerjahren ein Thema, das nicht nur die Betreiber, sondern lokal auch die Energieversorger und die Politiker beschäftigte. Mit der Expansion der Finanzbranche stieg die Nachfrage nach Rechenleistungen rapide an und verlangte grosse Investitionen in zusätzliche Grosscomputer, Rechenräume und in die Stromversorgung. Bei einer Grossbank lag der Anteil des Stromverbrauchs der Rechenzentren am gesamten Stromverbrauch bei rund 50% – mit steigender Tendenz.**

VON BERNARD AEBISCHER

Eine Analyse bei den Grossrechnern ergab folgende grobe Aufteilung des Stromverbrauchs:

- ☛ 25% für CPU, Speicher und Kommunikation
- ☛ 25% für Transformations-, Leitungs- und andere Verluste (inkl. USV)
- ☛ 50% für Raumkonditionierung

Diese relativen Anteile dürften in der Grössenordnung recht typisch sein. Bei drei kleineren Anlagen (zwischen 3 und 9 kW) wurde ein Anteil der Raumkonditionierung am totalen elektrischen Verbrauch von etwa einem Drittel gemessen; bei einer weiteren Anlage mit einer durchschnittlichen Leistung von 30 kW betrug dieser Anteil etwas über 50%. Selbst bei der Benützung von Arbeitsplatzrechnern liegt der Anteil für die Infrastruktur etwa zwischen 40% (nur Licht) und 70% (klimatisierter Raum) (Ravel, 1992, S. 68).

## Effizienz berechnen

Die Betreiber der grössten Rechenzentren im Raum Zürich hatten in den Achtzigerjahren einen intensiven Erfahrungsaustausch. Sie haben zum Beispiel den Anteil des Stromverbrauchs ihrer Rechner mit dem Gesamtstromverbrauch (Rechner und Infrastruktur) des Rechenzentrums verglichen. Dieses Verhältnis

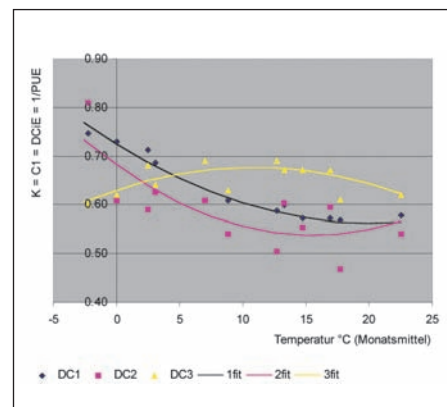
$$K = (\text{Stromverbrauch IT}) / (\text{Stromverbrauch IT} + \text{zentrale Infrastruktur})$$

wurde als Mass für die Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur verwendet. Der durchschnittliche K-

Wert von 14 Rechenzentren lag bei 0,5: Rund die Hälfte des Stromverbrauchs erfolgt bei der Stromversorgung und bei der Wärmeabfuhr (zentrale Infrastruktur). Die andere Hälfte wird von den IT-Geräten (insbesondere Grossrechner) verbraucht (Aebischer, 1996). Zwischen den einzelnen Rechenzentren gibt es grosse Unterschiede. Bei den energieeffizientesten liegt der K-Wert bei 0,7 und bei den schlechtesten unter 0,4. Bei einzelnen Rechenzentren änderte sich der K-Wert von Jahr zu Jahr stark, z.B. um 0,2 oder sogar um 0,3.

Diese grossen Schwankungen sind teilweise darauf zurückzuführen, dass die elektrische Leistung gemessen wurde und nicht der Energieverbrauch über eine längere Zeit, z.B. ein Jahr. Denn schon damals wurde in der Schweiz in gewissen Rechenzentren, insbesondere im Winter und in der Nacht, die Aussenluft zur Kühlung eingesetzt. Dies kann – bei den klimatischen Bedingungen im Schweizer Mittelland (gemäßigte Klimazonen) – zu Stromeinsparungen von 50 bis 75% für die Kühlung führen (Altenburger, 2004). Die Auswirkung der freien Kühlung auf den Wert des Effizienzindikators K ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Für die beiden Rechenzentren DC1 und DC2, welche teilweise mit freier Kühlung betrieben werden, steigt K mit sinkender Aussentemperatur markant an.

Zu Beginn der Neunzigerjahre kam eine neue Rechnergeneration mit neuen Technologien (CMOS) auf den Markt. Das führte zusammen mit neuer IT-Architektur und Softwarelösungen dazu, dass der Stromverbrauch in den grossen Rechenzentren trotz höheren Rechenleistungen in wenigen Jahren zum Teil um einen Faktor 2 zurückging (Aebischer/Mutzner/Spreng, 1994). Der politische und auch der finanzielle



**Abbildung 1: Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur von drei Rechenzentren in Abhängigkeit der durchschnittlichen monatlichen Aussentemperatur.**

Druck waren weg, und die Bemühungen für einen rationellen Betrieb traten in den Hintergrund.

In den folgenden Jahren veränderte sich die IT-Landschaft grundlegend. Die Verbreitung des Internets einerseits und die Markteinführung von kostengünstigen Servern andererseits führten zu Rechenzentren (heute auch Data Centres genannt) mit Hunderten bis Zehntausenden von Servern, die häufig von Drittfirmen genutzt wurden. Die Betreiber der Data Centres waren in diesen Fällen nur zuständig für die zentrale Infrastruktur: Stromversorgung, Wärmeabfuhr und Internetanschluss. Diese Aufgabenteilung verstärkte den bereits bei den Grossrechenzentren der Achtzigerjahre beobachteten Planungsbruch zwischen den IT- und Facility-/Betriebs-Abteilungen. Häufig wurde die zentrale Infrastruktur auf der Basis von Businessplänen geplant, die auf der Extrapolation von Entwicklungen in den Boomjahren nach 1995 basierten, und zumindest in den ersten Betriebsjahren oft weit überdimensioniert

Quelle: Swiss DCEE Group, 2007; Bänninger, 2007

war und deshalb einen schlechten Wirkungsgrad aufwies.

## Genf will Mindestanforderungen

Ende der Neunzigerjahre standen im Kanton Genf Bewilligungsverfahren für Data Centres an, die bei Vollausbau den Gesamtstromverbrauch des Kantons um 10 bis 20% erhöht hätten. Das widersprach der kantonalen Energiepolitik, die sich eine Stabilisierung des Stromverbrauchs zum Ziel gesetzt hatte. In einer Vereinbarung zwischen den Betreibern der geplanten Rechenzentren und der Regierung wurde unter anderem vereinbart, dass die zentrale Infrastruktur so geplant würde, dass der Stromverbrauch der IT-Geräte mindestens 65% des Gesamtstromverbrauchs der Data Centres erreichen würde (Aebischer et al., 2003). Das Mass für die Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur, mit C1 bezeichnet, entspricht dem Faktor K, der ab den Achtzigerjahren in den grossen Rechenzentren in Zürich verwendet wurde. Der Versuch, auch für die IT-Geräte einen praktisch anwendbaren Indikator und Zielwert für die Energieeffizienz zu definieren, war nicht erfolgreich. Einerseits weil die Unterschiede zwischen der Energieeffizienz von verschiedenen IT-Geräten einer Generation durch den technischen Fortschritt bei der Mikroelektronik mit jährlich rund 30% Effizienzverbesserung innerhalb von 1 bis 2 Jahren überkompensiert werden. Andererseits weil ein Effizienzindikator für die Infrastruktur (Stromversorgung und Wärmeabfuhr) der IT-Geräte ohne grossen Aufwand nicht bestimmt/gemessen werden kann.

Im Jahr 2000 platzte schliesslich die IT-Blase, und das Problem hat sich – zumindest vorübergehend – entschärft:

Von den in Genf geplanten Rechenzentren wurde fast nichts gebaut. Für wenige Jahre ruhten die politischen Aktivitäten in Genf, bis dann um 2005 Gesuche für die Erweiterung von existierenden Data Centres eingegeben wurden. Die kantonale Verwaltung beabsichtigte nun für neue und existierende Rechenzentren verpflichtende Mindestanforderungen (Standards) für die Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur einzuführen. Dazu sollten vorgängig die in der Studie aus dem Jahr 2003 vorgeschlagenen und in Aebischer (2007) bestätigten Zielwerte von 0,55 für existierende und von 0,65 für neue Rechenzentren empirisch breiter abgestützt werden. In einem Messkonzept (Maucoronel et al., 2008) wurden dafür die Grundlagen festgelegt: Der Stromverbrauch (nicht die elektrische Leistung!) wird an wohl definierten Punkten (Einspeisung ins Data Centre und Einspeisung in die IT-Räume) gemessen und mindestens monatlich ausgelesen. In rund einem Jahr sollen diese Daten für eine vertiefte Untersuchung zur Verfügung stehen.

## Man spricht von Green IT

Etwa ab 2005 ist der Energieverbrauch von und in Data Centres unter dem Schlagwort «Green IT» weltweit zu einem viel diskutierten Thema geworden: z.B. The Green Grid ([www.thegreengrid.org](http://www.thegreengrid.org)), Code of Conduct for Data Centres ([http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative\\_data%20centers.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data%20centers.htm)), Enterprise Server and Data Center Energy Efficiency Initiatives ([www.energystar.gov/index.cfm?c=prod\\_development.server\\_efficiency#estar](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency#estar)) oder Green IT World an der CeBIT 2009 ([www.umweltbundesamt.de/cebit](http://www.umweltbundesamt.de/cebit)). Es gibt mehrere Gründe für dieses plötzliche Interesse. Zum einen hatte die

Explosion des Erdölpreises in vielen Ländern zu einer starken Erhöhung des Strompreises und damit der Energiekosten in Data Centres geführt. Zum anderen hat die technologische Entwicklung bei den Mikroprozessoren und bei der Architektur der Server die elektrische Anschlussleistung pro Flächeneinheit und die Wärmeabgabedichte (Wärmeabgabe pro Flächeneinheit) von Servern, Racks und ganzen Data Centres so erhöht, dass in vielen existierenden Rechenzentren die Stromversorgung oder die Wärmeabfuhr in Zukunft nicht mehr gesichert ist oder nur mit hohen Investitionen und grossem Energieaufwand aufrechterhalten werden kann. Neue und grössere Flächen von Data Centren sind ein Ausweg. Das passt aber nicht in die globale Klimadiskussion, denn weltweit erfolgen rund ein Drittel der energetisch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromproduktion.

Die grosse Mehrzahl dieser Initiativen verwendet als Effizienzindikator der zentralen Infrastruktur unter einem anderen Namen dieselbe Grösse (oder das Inverse) wie in Zürich und in Genf:

$$DCiE = 1 / PUE = K = CI = (\text{Stromverbrauch IT}) / (\text{Stromverbrauch IT} + \text{zentrale Infrastruktur})$$

Bis heute hat sich aber noch keine Organisation auf ein Messkonzept einigen können, das erlauben würde, die Energieeffizienz von verschiedenen Rechenzentren verlässlich miteinander zu vergleichen. Es ist auch noch nicht gelungen, ein umfassendes Mass für die Energieeffizienz der Data Centres zu definieren. Als Indikator für die Energieeffizienz der IT-Geräte findet im Moment die Hilfsgrösse «Auslastung der IT-Geräte» die grösste Akzeptanz.

## Effizienzpotenziale, Hemmnisse und Massnahmen

Bereits zu Beginn der Neunzigerjahre wurden im Rahmen des Impulsprogramms Ravel des Bundesamts für Konjunkturfragen eine ganze Liste von Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in Rechenzentren vorgeschlagen (Ravel, 1992, S. 68ff):

- ☞ Modulares Planen, Aufbauen und Betreiben des Rechenzentrums und der zentralen Infrastruktur mit dem Ziel, die Geräte und Anlagen bei genügend hoher Auslastung mit einem hohen Wirkungsgrad betreiben zu können
- ☞ Erhöhung der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitstoleranz, insbesondere um vermehrt die Aussenluft für die Kühlung der IT-Räume einzusetzen
- ☞ Nutzung der Abwärme

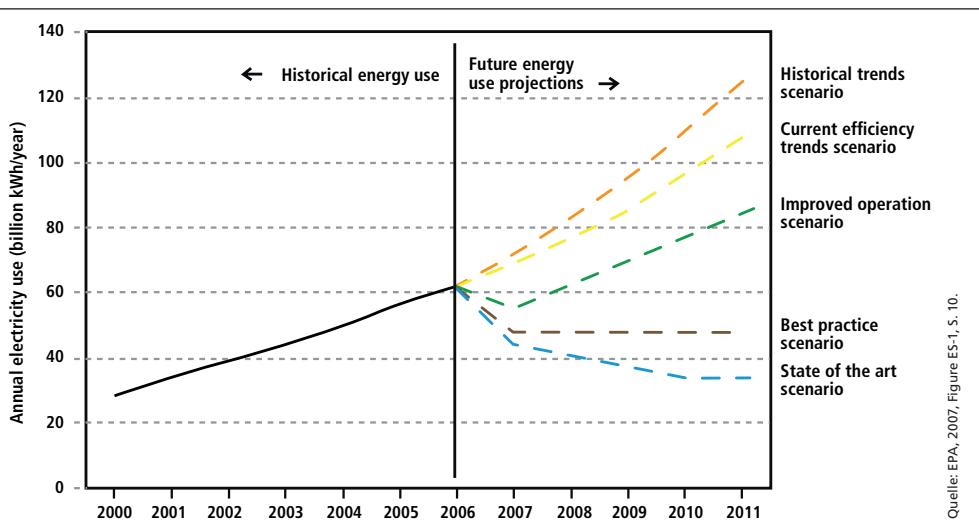
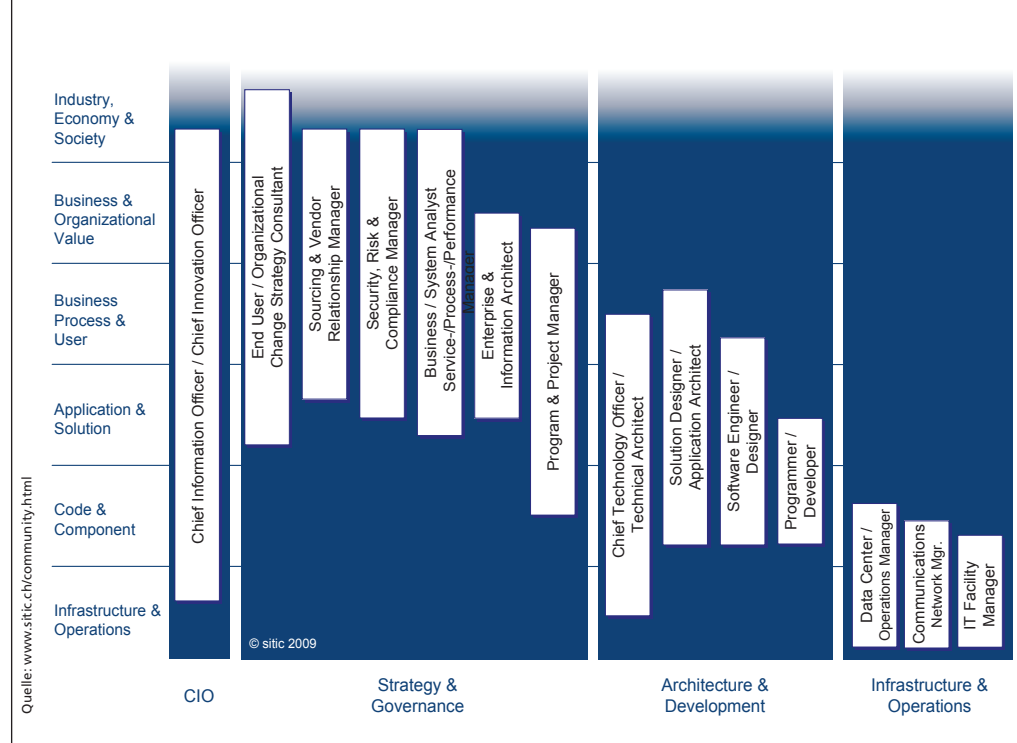


Abbildung 2: Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage der Rechenzentren in den USA von 2000 bis 2006 und Szenarien charakterisiert durch getätigte Effizienzmassnahmen für die zukünftige Entwicklung bis 2011.

Aktuelle umfassende Zusammenstellungen von Energiesparmassnahmen wurden z.B. von Forschern am LBNL in Kalifornien (DOE, 2008) und im Rahmen des Code of Conduct (CoC) für Data Centres der Europäischen Kommission (CoC, 2009) erarbeitet. Im CoC wird die Bedeutung und potenzielle Wirkung dieser Massnahmen qualitativ mit 1 bis 5 bewertet. Wie gross die Einsparungen bei einem individuellen Rechenzentrum ausfallen, hängt natürlich von Ausgangszustand und von den Rahmenbedingungen, z.B. den klimatischen Verhältnissen, ab. Knürr und Emerson (2008) heben die Bedeutung eines systematischen Vorgehens bei der Planung und Umsetzung der Massnahmen hervor. Im Auftrag von Präsident Bush und dem US-Kongress hat die EPA (2007) die Einsparmöglichkeiten auf nationaler Ebene in Form von Szenarien durchgerechnet. Energieeffizientere Geräte und insbesondere eine bessere Nutzung dieser Geräte und eine energieoptimierte Planung und ein effizienter Betrieb der zentralen Infrastruktur können dazu beitragen, dass die Energienachfrage in den nächsten Jahren nicht explodiert. Im Falle des optimistischen Szenarios «State of the Art» kann der Stromverbrauch trotz eines sehr starken Wachstums der Rechenleistung innerhalb von 5 Jahren um 40% reduziert werden (Abbildung 2). Relativ zum Szenario «Current Efficiency Trend» würde dies in 5 Jahren sogar eine Reduktion um fast 70% bedeuten. Neben den allgemein bekannten Verbesserungen bei der Infrastruktur wird in diesem Szenario vor allem eine maximale Nutzung der IT-Geräte (Stichworte «Konsolidierung» und «Virtualisierung») angenommen. Dass hier gewaltige Einsparmöglichkeiten vorhanden sind, ist leicht nachvollziehbar, wenn man die typische Auslastung der Server von 15% in einem durchschnittlichen Data Center betrachtet.

Ein solch anspruchsvolles Szenario setzt nicht nur optimal informierte Akteure, sondern auch eine optimale Zusammenarbeit aller Akteure, von den IT-Verantwortlichen über die Finanzdienste bis zu den Facility-Managern und den Rechenzentren-Betreibern, voraus. Ein Erfolg versprechender Weg in diese Richtung führt über die Demonstration von guten Beispielen und einen kooperativen Erfahrungsaustausch.

Eine Liste von guten Beispielen aus den Achtzigerjahren findet sich in Ravel (1992, S. 71). Neueren Datums sind die Erneuerung der Wärmeabfuhr in einem existierenden Rechenzentrum in Basel (Altenburger, 2004) mit Stromeinsparungen von 50 bis



**Abbildung 3: Die Arbeitsbereiche und Schwerpunktthemen, die in der Erfahrungsgruppe Sitic bearbeitet werden. Die neue «Community Infrastructure & Operations» beschäftigt sich insbesondere mit der Energieeffizienz und Ökologie in den Rechenzentren.**

75% für die Kühlung und der Betrieb der Telekommunikationszentren von Swisscom mit 100% Aussenluft (Singy/Többen, 2005). Kürzlich wurden zwei Sammlungen von «best practice»-Beispielen publiziert (Fichter et al., 2008; e-Server-Konsortium, 2009).

Die Erfahrungsgruppe der grössten Rechenzentren im Raum Zürich, in dessen Rahmen in den Achtzigerjahren u.a. der Effizienzindikator K verwendet wurde, wurde bis heute mehr oder weniger intensiv weitergeführt. Die Gruppe ist jetzt in den Aktivitäten des Grossverbrauchermodells des Kantons Zürich und im Energiemodell Schweiz der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) integriert.

### Energiestädte werden angesprochen

In jüngster Zeit organisieren sich weitere Rechenzentrenbetreiber in Erfahrungsgruppen. Sie tauschen konkrete Ergebnisse von realisierten Energiesparmassnahmen aus und diskutieren Fragen, die z.B. die Auswirkung von Effizienzmassnahmen auf die Zuverlässigkeit des Rechenbetriebs betreffen oder Vor- und Nachteile von spezifischen Produkten und Lösungsansätzen zum Thema haben. Eine solche Gruppe – Sitic (www.sitic.ch) – ist seit einigen Jahren im Bereich der IT-Strategien, -Architektur und -Entwicklung aktiv: «The Swiss IT Intelligence Community sitic is a vendor-independent peer-to-peer network. It fosters the sharing of ideas and best practices among IT departments of Swiss-based companies. Sitic is composed by a number of communities

covering different aspects of IT in the companies. The Infrastructure & Operations Community is a new sitic community with focus on operations aspects of IT. It addresses Data Centre Managers, Environmental and Green IT officers as logistics managers.» Seit Kurzem treffen sich in diesem Rahmen auch Betreiber und Facility-Manager von Rechenzentren (Abbildung 3). Themen sind unter vielen anderen ein Benchmarking der Energieeffizienz der zentralen Infrastruktur, basierend auf dem für den Kanton Genf entwickelten Messkonzept (Maucoronel et al., 2008), und die Untersuchung der TCO (total cost of ownership) der Rechenzentren bei verschiedenen IT-Strategien und Energiesparmassnahmen. Dazu wird ein von Huser/Bänninger (2008) mit Unterstützung des Bundesamtes für Energie entwickeltes Tool verwendet. Die in dieser Gruppe gemachten Erfahrungen sollen in einem nächsten Schritt in weiteren Erfahrungsgruppen von tendenziell kleineren Rechenzentren genutzt werden. Die kommunalen Rechenzentren in Energiestädten sind mögliche Kandidaten. Potenziell könnten heute damit rund zwei Drittel aller Rechenzentren der öffentlichen Hand angesprochen werden. Ob daraus mittelfristig ein Lavineneffekt entsteht ist offen. Man darf zuversichtlich sein, vorausgesetzt, dass sich die «Green IT»-Bewegung weiter entwickelt und nicht als vorübergehender Hype herausstellt.

Literaturhinweise und Quellenangaben sind im Internet zu finden unter: [www.cepe.ethz.ch/publications/Literaturhinweise\\_Energieanalyse\\_Energieeffizienz\\_RZ\\_29-3-09.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Literaturhinweise_Energieanalyse_Energieeffizienz_RZ_29-3-09.pdf)