

Energieeffizienz in Rechenzentren

In der Wirtschaft ist sie nicht mehr weg zu denken, die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Sie stellt die Nervenbahnen der Ökonomie dar. Ihr Hirn arbeitet, für die Nutzer meist unbemerkt, in Form von Servern und sonstiger Hardware in EDV-Räumen, Rechenzentren und Serverstationen. Die Weltbevölkerung nimmt weiter zu und schneller noch wächst die Zahl der Menschen, die Zugang zum Internet haben. Es werden für viele Bereiche der IKT zweistellige Wachstumsraten vorausgesagt. Da verwundert es nicht, dass die Branche den steigenden Energiebedarf mit Sorge beobachtet und dem energiewirtschaftlichen Zieldreieck Versorgungssicherheit, Umweltschutz, Wirtschaftlichkeit neue Bedeutung beimisst. Der Handlungsdruck ergibt sich aus grundlegenden Erkenntnissen der Klimaforschung und in erster Linie natürlich aus der Entwicklung der Energiepreise.

Einerseits wird in einer Makrobetrachtung versucht, die Bedeutung und die Entwicklung des Energiebedarfs für Rechenzentren und Serverstationen aufzuzeigen, andererseits werden in einer Mikrobetrachtung die möglichen Einsparoptionen in Rechenzentren dargestellt. Abschließend wird der Versuch unternommen, die bestehenden Überlegungen zum Thema Benchmarking aufzuzeigen. Die schwierige Definition des „Outputs“ eines Rechenzentrums hat die Einigung auf allgemeingültige

Kennzahlen bislang erschwert. Wahrscheinlich wird es verschiedene Konzepte für ein effektives Benchmarking geben müssen, denn im Vordergrund steht natürlich der Nutzen der Kennzahlen im Zusammenhang mit der Einfachheit ihrer Erhebung.

1. Klimawandel und Energiepreisentwicklung

Seit der Veröffentlichung des 4. Sachstandsberichts /1/ des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) im Februar 2007 wird der anthropogene Einfluss auf den Klimawandel nicht mehr ernsthaft bestritten. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre hat sich von einem vorindustriellen Wert von 280 ppm (in den letzten 400.000 Jahren schwankte die Konzentration zwischen 200 und 300 ppm) auf 380 ppm im Jahre 2005 erhöht.

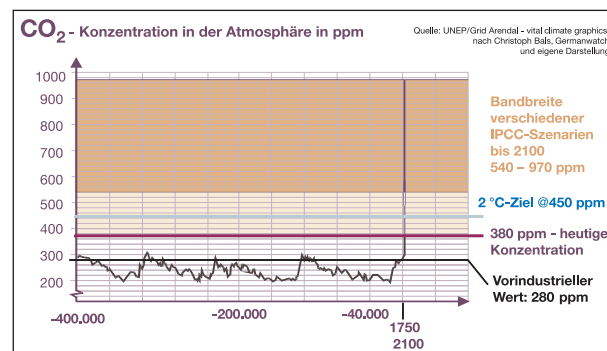


Abbildung 1: Ein riskantes Experiment der Menschheit

Die Modellrechnungen der verschiedenen Entwicklungsszenarien des IPCC-Berichtes lassen bis 2100 einen Anstieg auf 540 bis 970 ppm erwarten. Selten wird auf den Umstand hingewiesen, dass die Einhaltung des 2°-Zieles (der Anstieg der globalen Erdoberflächentemperatur - bisher 0,74 °C - soll dabei auf 2 °C begrenzt werden) eine Begrenzung der CO₂-Konzentration auf 450 ppm bedeutet, was aber in keinem Szenario des IPCC für wahrscheinlich gehalten wird. Es bleibt darüber hinaus festzuhalten, dass die Modellrechnungen nicht das Auftauen der Permafrostböden berücksichtigen. Die Temperaturen in den oberen Schichten des Permafrostbodens haben sich seit 1980 um 3°C erhöht, und die Fläche des saisonal gefrorenen Bodens hat seit 1900 um 7% abgenommen, im Frühling sogar um 15% [1].

Welche Auswirkungen mit der damit verbundenen Freisetzung von CH₄, das eine 21mal höhere Klimarelevanz als CO₂ hat, zu befürchten sind, zeigen die Modelle der Klimaforscher bisher nicht

Keywords

Climatic change, Energy resources, Energy costs, State analysis, Energy saving, Energy management, Outside air cooling, Cogeneration, Renewable energies, Characteristic energy values, Benchmarking

Stichworte

Klimawandel, Energiressourcen, Energiekosten, Ist-Analyse, Einsparpotenzial, Energiemanagement, Freie Außenluftkühlung, Kraft-Wärme-Kopplung, Erneuerbare Energien, Energiekennzahlen, Benchmarking

auf. Der IPCC-Bericht prognostiziert weiter, dass eine Temperaturerhöhung von über 3 °C über Jahrtausende zu einem vollständigen Abschmelzen des grönländischen Inlandeises führen würde. Der Leiter des Potsdamer Instituts für Klimaforschung dazu: „Modellrechnungen zeigen, dass das Abschmelzen des Grönlandeisschildes selbst bei einer moderaten Erwärmung weitergehen und einen Meeresspiegelanstieg von bis zu sieben Metern in diesem Jahrtausend mit sich bringen kann“ [2]. Selbst wenn solche Prognosen naturgegebene Unsicherheiten enthalten, erzwingt die Last der Befunde und die fast täglich zu machende Erfahrung mit Wetterextremen (Stürme, Trockenheit, Überflutungen) weltweites Handeln.

Wesentlich schneller wird durch den Preisdruck der fossilen Energien „Handeln“ ausgelöst. Die „Leitwährung“ der Energiewirtschaft, das Öl, erfährt eine Teuerungswelle nach der anderen und hat aktuell einen Preis von etwa 90 \$ pro Barrel (bb). Dass die Energiepreise irgendwann wieder früheres Niveau erreichen werden, ist doch sehr unwahrscheinlich. Die Internationale Energie Agentur IEA in Paris geht davon aus, dass der Energieverbrauch sich weltweit bis 2050 verdoppeln wird und dass die Preise weiter steigen werden [3]. Allerdings sind auch hier die prognostizierten Werte für 2030 mit 39 bzw. 60 \$/bbl äußerst moderat und aus heutiger Sicht überholt.

Auch Strom, der gegenwärtige Hauptenergieträger für Rechenzentren, wird teurer werden. Im Gegensatz zum Öl- und Gasmarkt gibt es für die Strompreisentwicklung preisdämpfende Elemente. Hier kann durch den Einsatz von Kohle und – bedingt – noch von Kernenergie sowie von Erneuerbaren Energien eine Senkung der Industriestrompreise erwartet werden. Letzteres muss kurz erklärt werden: Die Strompreisbildung erfolgt an der Strombörse durch die Abdeckung der Nachfrage seitens der anbietenden Kraftwerke in der Reihenfolge ihres Preises (Merit-Order). Die vorrangige Einspeisung von Strom aus erneuerbarer Energie reduziert die Nachfrage nach Strom aus den teuersten, konventionellen Kraftwerken – der Strompreis sinkt. Für das Jahr 2006 zeigte das Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, dass die Summe aus dem Marktwert der Erneuerbaren Energien und dem Merrit-Order-Effekt höher ist, als die umlagefinanzierte EEG-Vergütung [4].

2. Energieanalysen und Prognosen des Energiebedarfs von Rechenzentren und Serverstationen

Die Mikrobetrachtung legt offen, dass die für eine Analyse der Energieeffektivität notwendigen Informationen meist nicht vorliegen. Hier muss messtechnisch dringend nachgerüstet werden! Nur 25 bis 50 % des Stromverbrauchs eines RZ wird vom eigentlichen IT-Equipment, wie Computer, Server, Speichermedien, Bildschirme, Netzwerk-Infrastruktur u.a., angefordert. Dagegen werden 30 bis über 50 % der elektrischen Energie dafür benötigt, die Abwärme des „IT-Stroms“ wieder los zu werden. Dazu wird meist

gekühlte Luft umgewälzt (die direkte Wasserkühlung gewinnt aber wieder an Bedeutung). Etwa 20 bis 25 % des Stroms werden für den Ausgleich der elektrischen Verluste z. B. bei der unterbrechungsfreien Stromversorgung und bei den Schaltanlagen aufgewendet. In einer eigenen Untersuchung eines kommunalen Rechenzentrums wurden folgende Anteile des Strombedarfs ermittelt: 43,3 % für das IT-Equipment, 46,7 % für die Klimatisierung und 10 % für das Gebäude (z. B. Beleuchtung) [5].

Der Energiebedarf wächst mit den höheren Ansprüchen an die Informations- und Kommunikationstechnik und natürlich mit dem Wachstum des Internets. So betrug 2001 der Stromeinsatz in Deutschland für Serverstationen 3,9 TWh [6] und für die gesamte IKT-Branche über 38 TWh [7]. Es wird eine Steigerung bis zum Jahre 2010 für den Bereich Server auf 8,8 TWh [6] und insgesamt auf 53,7 TWh [7] erwartet.

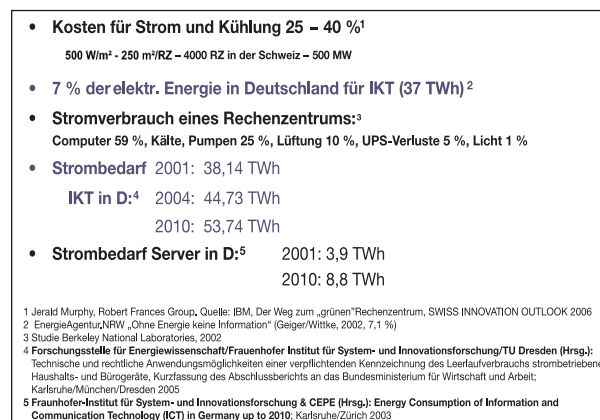


Abbildung 2: Energiebedarf Rechenzentren

Dieser Verbrauchstrend ist natürlich auch weltweit festzustellen. Nach einer Studie von Jonathan Koomey von den Lawrence Berkeley National Laboratories (LBNL) sind bereits jetzt weltweit 14 Kraftwerke der 1000 MW-Klasse nötig, um den Bedarf der IT-Branche abzudecken [8]. Die amerikanische Umweltschutzbehörde EPA prognostiziert, dass die Rechenzentren in Amerika 2011 etwa 100 TWh verschlingen werden.

3. Handlungsoptionen

Ist der Energiefluss analysiert und sind die größten „Lecks“ gefunden, ist es möglich, durch Einsparstrategien und Energieeffizienzmaßnahmen den Verbrauch und damit die Energiekosten weiter zu reduzieren. Die Maßnahmen reichen vom Last- und Gebäudemanagement, über energieoptimierte Hardware und energieoptimierende Software, bis zu effektiven Klimakonzepten (z. B. freie Außenluftkühlung). Die CO₂-Bilanz eines Rechenzentrums kann dann zusätzlich durch den Einbau einer Eigenstromversorgung (BHKW) oder durch die Bereitstellung oder den Bezug von erneuerbarer Energie verbessert werden.

3.1 IT-Konzepte

Nun gibt es bei der Hardwarebeschaffung und der Softwareentwicklung eine Vielzahl von Möglichkeiten, die Energieeffizienz zu steigern und damit die Kosten zu reduzieren. Da solche IT-Strategien in dieser Zeitschrift bereits häufiger kompetent abgehandelt wurden, sollen nur drei Beispiele kurz angerissen werden. Zweidrittel des Strombedarfs für Bildschirme lässt sich alleine durch das Abschalten außerhalb der Arbeitszeiten einsparen [9]. Der Restbedarf kann um 50 bis 80 % durch den Austausch älterer CRT-Bildschirme reduziert werden (neue 19"-TFT-Bildschirme benötigen nur noch etwa 20 Watt).

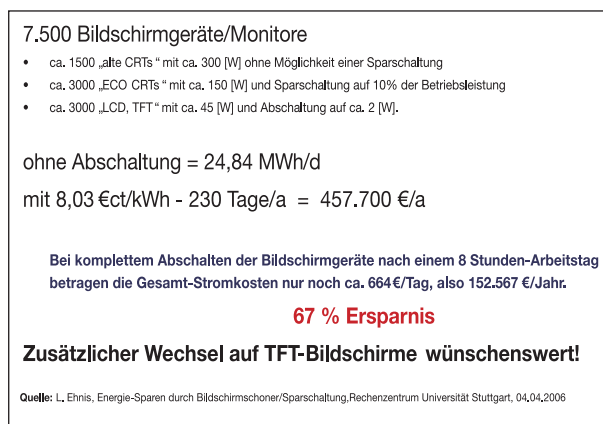


Abbildung 3: Energieverbrauch Bildschirme

Als Zweites ist zu erwähnen, dass die CPU-Auslastung mit dem Energiebedarf gekoppelt ist. Es gibt ein energetisches Optimum bei der die CPU im Bezug zur Stromaufnahme die größte Leistung realisiert. Demgegenüber kann eine Verdreifachung der Leistung eine 10-fach höhere Stromaufnahme bedeuten. Andererseits sinkt die Leistungsaufnahme bei weiter verringerter „IT-Last“ kaum noch ab. Das heißt, nicht optimal ausgelastete Server sollten abgeschaltet und die Prozessdatensvisualisierung hier als Werkzeug genutzt werden. So hat beispielsweise der britische Telekomkonzern BT mit dieser Technik 1500 Server in etwas mehr als 100 Servern zusammengefasst und die Stromrechnung dadurch um jährlich fast 900.000 € reduziert [10].

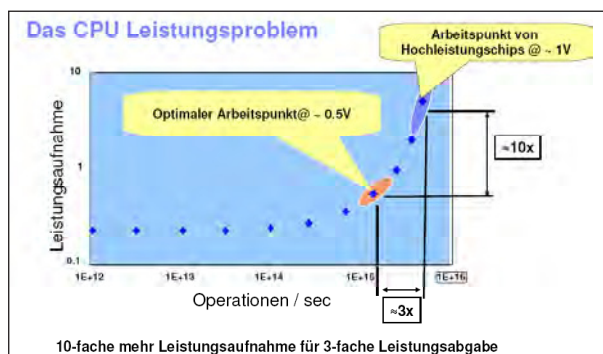


Abbildung 4: Der energetisch optimale Arbeitspunkt wird in Serverstationen nur selten erreicht (Quelle: IBM)

Ein letzter Hinweis betrifft die E-Mails, die keiner braucht. Man schätzt, dass 40 % aller E-Mails so genannte Spams sind. Ihre Anzahl steigt stetig, obwohl auch die Filtermaßnahmen immer besser geworden sind. Weniger Spams bedeutet nicht nur weniger verschwendeter Speicherplatz, sondern auch weniger Energiebedarf.

3.2 Gebäudetechnik

Schon in das Planungsstadium von Rechenzentren und Serverstationen sollten energieeffiziente Konzepte Eingang finden. Zwar gibt es Richtlinien für die thermische Auslegung von Klimaanlage für Rechenzentren [11], doch arbeiten die Hersteller daran, dass wesentlich höhere Temperaturen von bis zu 35 °C ohne Betriebseinschränkung möglich sein werden [12]. Eine kluge Luftführung hat dann aber auch sicher zu stellen, dass alle Aggregate ausreichend gekühlt werden. Dies geschieht durch die konsequente Einhaltung kalter und warmer Zonen zwischen den Recks. Die höheren Kühllufttemperaturen verbessern den Wirkungsgrad der Kältemaschine deutlich, und zusätzlich vergrößert sich der Bereich, in dem die freie Außenluftkühlung möglich ist. Nutzt man dieses Prinzip z. B. bis zu einer Außentemperatur von 12 °C, so reduziert sich der Energiebedarf schon um 52 % gegenüber der Kältebereitstellung mit elektrisch betriebenen Kompressionskältemaschinen. Das alles sind vielfältige Auswirkungen bei der Änderung des Parameters Temperatur.

Für den Parameter Volumen gilt ähnliches. Durch das Zonenkonzept und das sorgfältige Verschließen von Kabeldurchführungen reduziert sich der Volumenstrom. Der Druckverlust kann durch kürzere und freie Strömungsquerschnitte verringert werden, wenn z. B. nicht mehr benötigte Schalldämpfer ausgebaut werden (neue Ventilatoren sind leiser). Die hocheffizienten Ventilatoren benötigen 25 bis über 90 % weniger Energie als herkömmliche (gleiches gilt übrigens auch für Umwälzpumpen). Da die elektrische Antriebsenergie „weggekühlt“ werden muss, verringert sich dadurch auch die erforderliche Kühlleistung. Die Spareffekte verstärken sich also gegenseitig.

3.3 Energiebereitstellung

Sind die wesentlichen Einspar- und Effizienzmaßnahmen durchgeführt, ist die Bereitstellung der Energie zu prüfen. Auch hier gibt es verschiedene Optionen. Es gab bereits Meldungen in der Presse, dass Rechenzentren und Serverstationen auf den Bezug von Strom aus erneuerbaren Energien umgestellt haben - häufiger wird mit dem Wechsel des Energieversorgers aber eine Kostenreduktion verbunden.

Gerade Rechenzentren bieten durch ihre Größe und Abnahmestruktur ideale Rahmendaten für den Einsatz von Eigenstromerzeugungsanlagen. Es kommen motorische Blockheizkraftwerke (BHKW) in Betracht, die Strom und Wärme für das Objekt bereitstellen. Eine Energieeinsparung von 20 bis 60 % ist möglich, jedoch muss die konkrete Wirtschaftlichkeit im Einzelfall nachge-

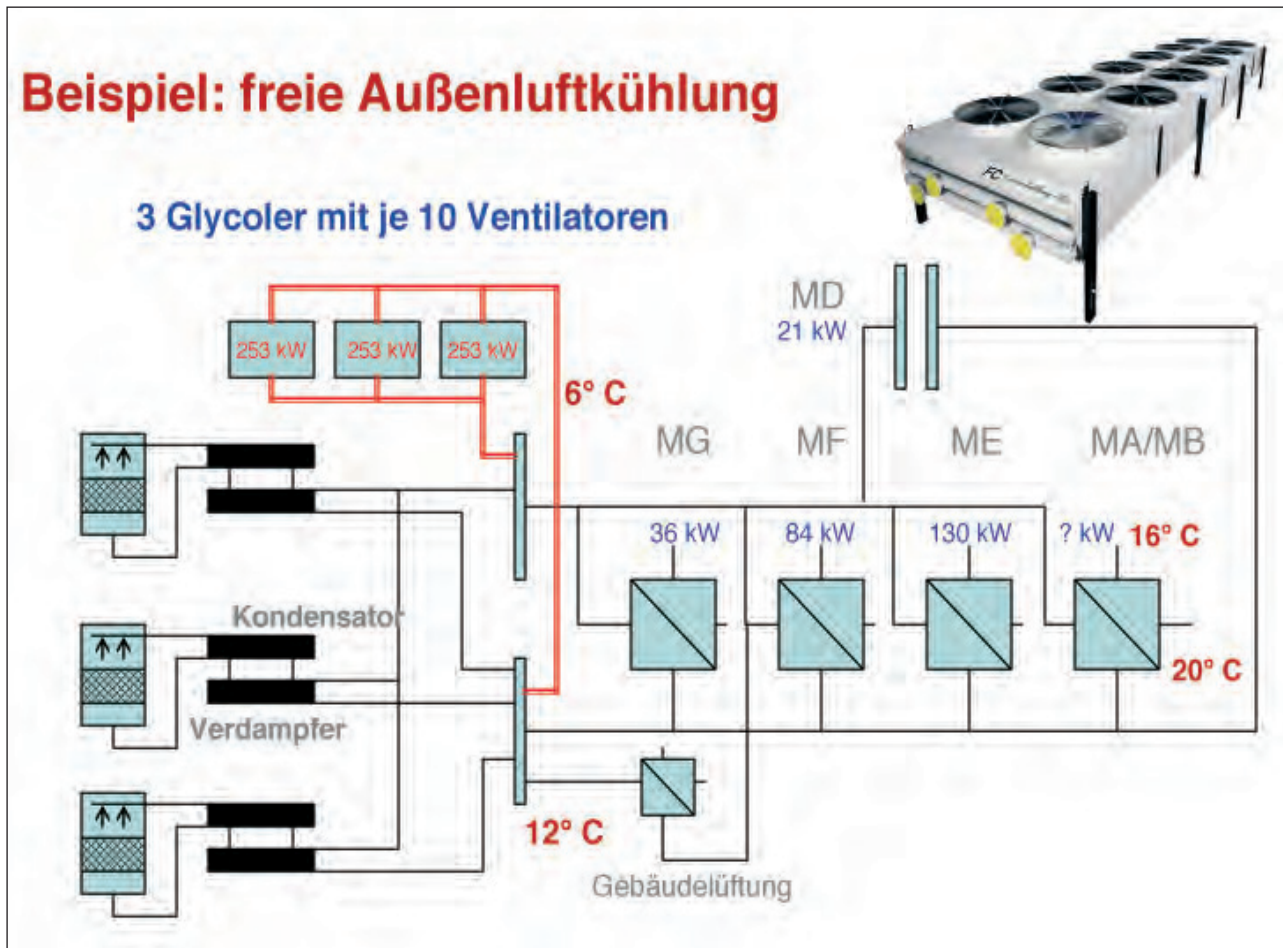


Abbildung 5: Hoher Effizienzgewinn durch freie Außenluftkühlung

wiesen werden. So kann sich die Preisschere zwischen den Kosten für den Brennstoff (meist Gas oder Öl) und den vermiedenen Kosten für den Bezug von Strom und Gas/Öl öffnen oder auch schließen. Des Weiteren sind die Preiskonditionen für den Reststrombezug bzw. für die Vorhaltung der Reserveleistung deutlich schlechter, als die bei einer Vollversorgung.

Da die Wärme aus solchen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Winter nur teilweise und im Sommer gar nicht benötigt wird, kann diese mittels Absorptionskältemaschinen in Kälte verwandelt werden. Der Kältemittelkreislauf ist ähnlich aufgebaut wie bei einer Kompressionskältemaschine. Der in diesen Anlagen entstehende Kältemitteldampf (meist Wasser) wird aber nicht mechanisch verdichtet, sondern bei niedrigem Druck von einem Lösungsmittel (meist Lithiumbromid) absorbiert. Eine Pumpe (geringe Stromaufnahme) bringt die Lösung auf einen höheren Druck. Im Ausreiber wird dann, z. B. durch die Wärme aus dem BHKW, das Kältemittel wieder ausgetrieben. Mit einer Heizleistung von z. B. 100 kW kann im Verdampfer eine Kälteleistung von 70 kW entnommen werden. Zu beachten ist, dass aus dem Absorber und dem Kondensator dann etwa 170 kW über einen Kühlturm rückgekühlt werden müssen. Diese Anlagen sind zwar in der Investition teurer,

haben aber auch deutlich niedrigere Wartungskosten. Statt der BHKW-Wärme, nutzen bereits einige Rechenzentren Solarwärme aus Kollektoranlagen. In jedem Fall ist für die wirtschaftliche Darstellung einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung eine von Fachplannern aufgestellte, detaillierte Vollkostenrechnung nötig.

4. Benchmarking in der IT-Branche

In der Industrie hat die Nutzung des so genannten Benchmarkings unterschiedlich weit gegriffen. Im produzierenden Gewerbe ist der Bezug des Energieeinsatzes auf die produzierte Menge (z. B. pro t Stahl) meist hinreichend, um die internen Veränderungen analysieren und die Situation im Vergleich zum Wettbewerb vergleichen zu können. Für Krankenhäuser benötigt man schon mindestens die Nutzfläche, die Bettenzahl und die Patientenpflegetage als Bezugsgrößen. Für Rechenzentren sind die wichtigen Bezugsgrößen für den Energieeinsatz noch nicht einheitlich festgelegt. Die Definition des „Outputs“ eines Rechenzentrums ist schwierig und unterliegt auch einem zeitlichen Wandel (früher galt die Zahl der Rechenoperationen pro Zeiteinheit als aussagekräftig, heute gilt dies sicher eher für Großrechner, die z. B. für die Modellrechnungen des Klimawandels eingesetzt werden, aber

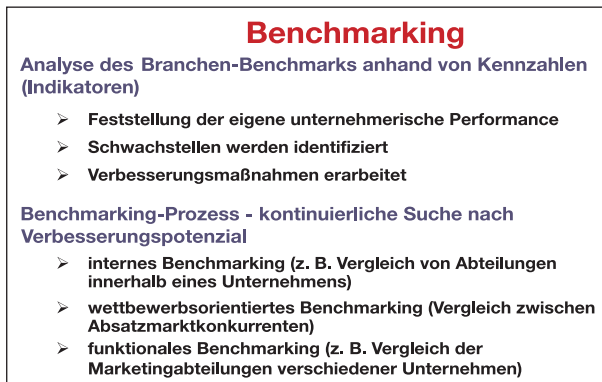


Abbildung 6: Vielfältiger Nutzen durch das Bilden von Kennzahlen

weniger für Server-Stationen). Als Bezugsgrößen stehen zwar die Nutzfläche, die Mitarbeiterzahl und der Jahresumsatz zur Verfügung, nicht aber – jedenfalls nicht ohne Weiteres – leistungsorientierte Kennwerte (evtl. ist eine Teilkombination aus Bitvolumen, E-Mail-Traffic, Speichermengen u.a.m. denkbar). Unter den Controllern von Rechenzentren deutscher Hochschulen hat diese Diskussion begonnen. Das Hochschul-Informationssystem hat erste Kennwerte für zwölf Rechenzentren ermittelt: Durchschnittswert für den Wärmebedarf ist 127 kWh und für den Strombedarf 222 kWh, jeweils pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr [13].

Einige Benchmarking-Systeme wurden bereits vorgestellt oder werden angekündigt. The green grid, ein Zusammenschluss der wichtigsten Hersteller, schlägt zwei Kennzahlen vor [14]. Zum einen wird der Gesamtenergieeinsatz ins Verhältnis gesetzt zum Energieeinsatz für das IT-Equipment und als Effizienz des Energieeinsatzes bezeichnet (PUE, Power Usage Effectiveness). Zum anderen bezeichnet der Kehrwert eine Art Wirkungsgrad für die im Rechenzentrum eingesetzte Energie (DCE, Datacenter Efficiency). Eine Untersuchung des Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL, ergab für diese Größe bei 22 Rechenzentren einen Durchschnittswert von 0,49. Die Streuung lag zwischen 0,33 und 0,75 für das effizienteste Rechenzentrum. Diese Kennwerte sind für die Bewertung eines Effizienzfortschritts nur teilweise geeignet, da sie zwar die Verbesserung z. B. der Klimatechnik widerspiegeln, nicht aber einen niedrigeren Strombedarf für den IT-Prozess, da dann auch der Gesamtstrombedarf sinkt und die Kennzahl konstant bleibt.

Kenneth G. Brill vom Uptime Institut aus Santa Fe, New Mexico, ermittelt neben dem PUE-Wert, also Gesamtenergieeinsatz zum Energieeinsatz des IT-Equipments, den er SI-EER (Site Infrastructure-Energy Efficiency Ratio) nennt, noch einen Wert für die Energieeffizienz des IT-Equipments. Dieser Wert, IT-PEW (IT Productivity per Embedded Watt genannt, ermittelt sich aus dem Energieverbrauch einzelner IT-Aktionen, wie Speicherzugriff, Rechenleistung oder transportierten Megabytes. Das Produkt dieser beiden Werte bezeichnet Brill dann als DC-EEP (Datacenter Energy Efficiency and Productivity)-Index [15]. Dem Autor ist es z. Zt. noch nicht möglich, die Aussagekraft zu bewerten. Allerdings scheint insbesondere die Ermittlung des IT-PEW-Wertes sehr aufwendig.

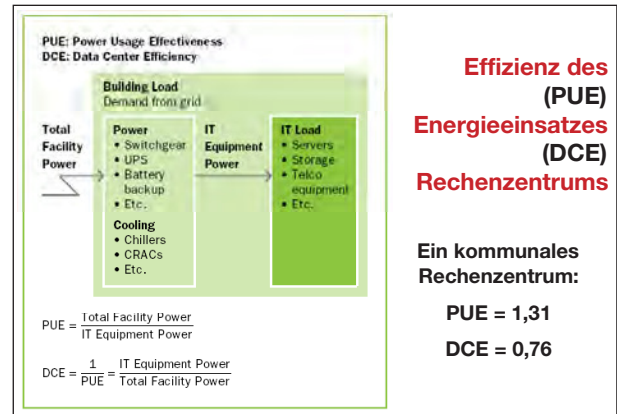


Abbildung 7: Vorschlag zweier Kennzahlen der Herstellerplattform The green grid

Für das Jahr 2008 kündigt die Environmental Protection Agency (EPA) Leitfäden für energieeffiziente Rechenzentren an. Die EPA will zusammen mit dem Lawrence Berkeley National Laboratory, dem Green Grid, dem Uptime Institut und weiteren Industrievereinigungen Hinweise für die Beschaffung effizienter Hardware über einen Energie-Effizienz-Benchmark und über die Kennzahlenbildung für Rechenzentren herausgeben [16]. Auch in Deutschland beschäftigen sich u. a. verschiedene Fraunhofer Institute mit diesem Themenfeld, so dass es sicher weitere Vorschläge und hoffentlich auch Auswertungen über die Anwendbarkeit und Aussagekraft geben wird. Es ist anzunehmen, dass für verschiedene Beobachtungsaufgaben auch spezielle Benchmarks eingeführt werden, was auch sinnvoll ist, denn je geringer der Erhebungsaufwand ist, desto eher etabliert sich ein Benchmarksystem. Die Entscheidungsträger müssen vom Nutzen der Kennzahlen überzeugt sein.

5. Fazit

Die wirtschaftlichen und sozialen Folgen des Klimawandels und der erforderliche Schutz der natürlichen Ressourcen erzwingen ein Umdenken in Bezug auf den Energieeinsatz und auf unserer Energieversorgungssysteme. Erneuerbare Energien können nur dann unseren Energiehunger stillen, wenn alle Einsparpotenziale und Effizienzgewinne konsequent genutzt werden. Gerade die expandierende IT-Branche – alleine Brasilien, Russland, Indien und China werden bis 2015 etwa 775 Millionen neue Rechner anfordern [17] – nimmt diese Entwicklung wahr. Zudem sorgt ein steigender Kostendruck für Bewegung. Gerade Rechenzentren und Serverstationen bieten ideale Voraussetzungen, sowohl beim IT-Equipment und der IT-Strategie als auch bei der Gebäudetechnik und der Energieversorgung, Energie einzusparen und effizienter zu nutzen. Vielfältige Pressemeldungen zeugen von Aktivitäten der Branche, ein Kennzahlensystem zu etablieren und das Benchmarking zur Effizienzsteigerung und Kostenreduzierung anzunehmen. Das lässt darauf hoffen, dass der Trend zu immer höheren Energieaufwendungen gebrochen wird und die Entkopplung zwischen IT-Wachstum und Stromverbrauch gelingt.

Literatur

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policy-makers, 05. Febr. 2007
- [2] Hans-Joachim Schnellhuber, PIK, März 2006
- [3] A. Pflüger, IEA der OECD, Vortrag vom 15.09.2006
- [4] F. Sensfuß, M. Ragwitz, Analyse des Preiseffektes der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf die Börsenpreise im deutschen Stromhandel, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, 18.06.2007
- [5] Othmar Verheyen, Energieeinsatz in einem Rechenzentrum, HLH Bd. 51 (2000), Nr. 4 - April, S. 28-35
- [6] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung & CEPE (Hrsg.): Energy Consumption of Information and Communication Technology (ICT) in Germany up to 2010; Karlsruhe/Zürich 2003
- [7] Forschungsstelle für Energiewissenschaft/Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung/TU Dresden (Hrsg.): Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte, Kurzfassung des Abschlussberichts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit; Karlsruhe/ München/ Dresden 2005
- [8] J. G. Koomey, LBNL Lawrence Berkeley National Laboratory, Estimating total power consumption by servers in the U.S. and the world, Final Report, 15. Febr. 2007;
- Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency, Public Law 109-431, 02. Aug. 2007-10-03
- [9] L. Ehnis, Energie-Sparen durch Bildschirmschoner/ Sparschalung, Rechenzentrum Universität Stuttgart, 04.04.2006
- [10] J. Twentyman, Neue Ausgabenwelle rollt auf Rechenzentren zu, Financial Times Deutschland, 11.06.2007 (www.ftd.de)
- [11] ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, "Thermal Guidelines", 2004
- [12] Knürr/Fujitsu Siemens, White Paper, Energie-effiziente Infrastrukturen für das Rechenzentrum, Juli 2007
- [13] pers. Mitteilung, HIS Hochschul-Informationen-System GmbH, Hannover, Sept. 2007
- [14] Green grid metrics: describing datacenter power efficiency, the green grid, 20. Febr. 2007
- [15] <http://www.upsite.com>
- [16] M. Fontecchio, SPEC-Benchmark misst die Energie-Effizienz von Servern - EPA will bis 2008 Metriken für die Effizienz von Rechenzentren fertig stellen, 21.09.2007 (<http://www.searchdatacenter.de>)

[17] Studie des Marktforschungsinstituts Forrester Research, aus: Eine Milliarde PCs bis 2008, SPIEGEL online, 12.06.2007 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/tech/0,1518,488019,00.html>)

Quelle Abbildung 1: "UNEP/Grid Arendal - vital climate graphics", nach Christoph Bals, Germanwatch, und eigene Darstellung, Christoph Bals, Politischer Geschäftsführer von Germanwatch, Tel: 0228/60492-17, E-Mail: bals@germanwatch.org www.germanwatch.org

Quelle Abbildung 4: aus dem Vortrag "Trends in der ITK" (A. Palacin, IBM, 2006) Dr. Antonio Palacin, Director of ISICC, IBM SAP International Competence Center, E-Mail: Antonio_Palacin@de.ibm.com, www.de.ibm.com

Quelle Abbildung 7: aus Veröffentlichung /14/ The Green Grid Administration, 3855 SW 153rd Drive, Beaverton, Oregon 97006 USA, E-Mail: comms@lists.thegreengrid.org Internet: www.thegreengrid.org

Autor

Dipl.-Phys.Ing. Othmar M. Verheyen
Universität Duisburg-Essen
Fakultät für Ingenieurwissenschaften
Lehrstuhl Energietechnik
Lotharstr. 1
47048 Duisburg
Tel: 0203/379 2921
Fax : 0203/379 3085
E-Mail : othmar.verheyen@uni-duisburg-essen.de
Internet : www.uni-due.de/energietechnik



Energy Efficiency in Computer Centres

Many areas of the Information and Communication Technology are expected to have two digit growth rates. Due to its increasing energy demand the IT sector is attaching new importance to the achievement of its energy economical targets – supply guarantee, environmental protection, and economic efficiency. The need for action is a result of the latest findings of climate research and of course of the development of energy prices.

On one hand the importance and development of energy demand computer and server centres will be shown (in a macroscopic examination). On the other hand energy saving potentials for computer centres will be illustrated (in a microscopic examination). Finally existing consideration to benchmarking will be pointed up. The complex definition of "output" of a computer centre has complicated agreement on common classification numbers. It seems to be obvious that different concepts on effective benchmarking will have to exist, since the usefulness of classification numbers and the simplicity of the survey are the most important aspects.