



Kosten sparen durch Strom-Management

Der Letzte macht das Licht aus

Christoph Puppe

Auch wenn Server permanent zur Verfügung stehen müssen, stellt sich die Frage, ob sie Tag und Nacht mit voller Kraft laufen müssen und ob das unbedingt auch für PCs gilt. Kosten, grünes Gewissen, CO₂-Vorgaben sowie der aktuelle Klimareport der UN sind gute Gründe für eine Betrachtung des Stromverbrauchs und möglicher Effizienzsteigerungen.

Ehemalige Vizepräsidenten der USA gehen mit dem drohenden Klimawandel auf Welttournee. Der Preis für Energie steigt – auch dank der Politik ihrer Nachfolger. Da ist es für IT-Verantwortliche an der Zeit, ihren Vorgesetzten mit der Nachricht zu überraschen, dass sie im IT-Betrieb mehrere Prozent des Budgets sparen können, ohne dabei auf Personal verzichten zu müssen.

In den letzten Jahren haben alle Industriezweige ihre Energiekosten durch effizientere Verfahren gesenkt oder zumindest auf gleichem Niveau gehalten. Auch die Privatleute beteiligen sich mit Strom sparenden Haushaltsgeräten. So ist in Deutschland in den letzten 14 Jahren der Verbrauch bei moderatem Wirtschaftswachstum gleichgeblieben – während weltweit der Verbrauch im gleichen Zeitraum um 28 % stieg (siehe Abbildung 1). Auch wenn die Computertechnik ein Schlüsselfaktor bei der Verbesserung der Effizienz in allen anderen Branchen ist, heißt das noch lange nicht, dass man nicht auch vor der eigenen Haustüre kehren sollte. Die Energiekosten der Informations- und Telekommunikationstechnik (ITK) – sprich der Infrastruktur und der Endgeräte – folgen diesem Trend nicht und steigen weiter um mehrere Prozent pro Jahr.

2001 betrug der Anteil der ITK am deutschen Stromverbrauch etwa 1,4 %, so die für 2001 errechnete Zahl von Claus Barthel, Projektleiter und wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgruppe „Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen“ beim Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen [1]. Zugleich schätzt die Forschungsgruppe den derzeitigen Anteil auf 3 % und die Zunahme bis 2010 auf bis zu 5 %. Da der Strom etwa 40 % des gesamten Energieverbrauchs eines Industrielandes ausmacht, betrug im Jahr 2001 der Anteil der ITK geschätzt 0,56 %. Greenpeace hat daraus errechnet, dass 4 Mio. Tonnen CO₂ und 5,8 Tonnen radioaktiver Müll auf die Kappe der ITK gehen.

Obwohl die Rechenzentren selbst daran nur einen geringen Anteil haben, bildet die Stromrechnung den größten Teil der Betriebsausgaben. „Der Anteil der Energiekosten im RZ-Betrieb liegt durchschnittlich bei circa 70 bis 75 %“, berichtet Christian Negrutiu, Vorstand der STRATO Rechenzentrum AG über deren Berliner RZ. Bei kleineren Rechenzentren fällt der Anteil

geringer aus, da hier ein geringerer Automatisierungsgrad höhere Lohnkosten verursacht. Nach einer von AMD gesponserten Umfrage von Ziff-Davies bei 1177 Entscheidungsträgern haben 71 % der Unternehmen das bereits erkannt, aber nur 38 % haben die Kosten für Strom und Kühlung bei Entscheidungen über den Kauf neuer Geräte berücksichtigt.

Mammutposten Stromverbrauch

Neben den Folgen für Umwelt und Geldbeutel verursacht die zunehmende Dichte der Rechner immer mehr Kopferbrechen. „Früher wurden 1 bis 2 kW pro Rack geliefert, in Wärme verwandelt und mit 2 bis 3 kW Aufwand für die Kühlung wieder abtransportiert. Nun sind nach den schon sehr viel enger zu stapelnden Pizzaboxen die Blades populär, mit denen sich bis zu 15 kW Verbrauch pro Rack realisieren lassen“, so die Erfahrung von Ulrich Terrahe, Vorstand der Schnabel AG. Wo es möglich ist, diese Energiemengen über das Stromnetz im RZ zu liefern, scheitert die Klimatisierung oder muss mit hohem Aufwand erweitert werden.

Den Verbrauch der Server zu quantifizieren erscheint einfach, denn die Plakette am Netzteil nennt in klaren Zahlen die Nennleistung, also die maximale Wirk- (Watt) und Scheinleistung (kVA, Kilo Volt Ampere). Rechenzentrumsplaner arbeiten mit der Faustformel, dass der tatsächliche Stromverbrauch etwa 60 % der Nennleistung beträgt. So lassen sich die Anforderungen an Klimatisierung und Stromzufuhr definieren, ohne die tatsächlichen Werte dieses Rechners gemessen zu haben. Nur wenige Hersteller liefern genaue Werte, auch weil es

noch keinen Standard gibt, der diese vergleichbar machen würde.

Im August dieses Jahres hat die EPA (US Environmental Protection Agency) den für März angekündigten Entwurf des „Server Energy Measurement Protocol“ veröffentlicht. Es schreibt vor, dass man den Verbrauch eines Servers unter kontrollierten Bedingungen und bei vorgegebenen Lasten misst. Für deren Erzeugung sieht das Protokoll transaktionsorientierte Performance-Tests etablierter Benchmarking-Institutionen vor. So arbeitet die SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) an einem solchen Test unter dem Projektnamen SPECpower.

Alle künftigen Tests sollen Messwerte für den Verbrauch pro Transaktion ermitteln, mit denen sich Systeme einfach vergleichen lassen. Erst damit kann der Käufer die Energiekosten des neuen Servers in die TCO (Total Cost of Ownership) einrechnen und die Angebote danach vergleichen.

Wer Blades von IBM einsetzt, kann sich bereits jetzt mit der IBM-Director-Erweiterung PowerExecutive einen Überblick über die tatsächlichen Verbrauchswerte verschaffen. Außerdem gibt es Verteilerleisten, die den aktuellen Verbrauch anzeigen und melden können. Die Überwachung hat den Vorteil, dass sich Überlastungen auf einem Stromkreis frühzeitig entdecken und ein Auslösen der Sicherung im Betrieb oder Wiederanlauf verhindern lassen.

Verbraucher und Verschwender

Die Effizienz ergibt sich aus der Berechnung, wie viel Energie die beteiligten Komponenten – in diesem Fall CPU, RAM, Mainbord, Festplatten,

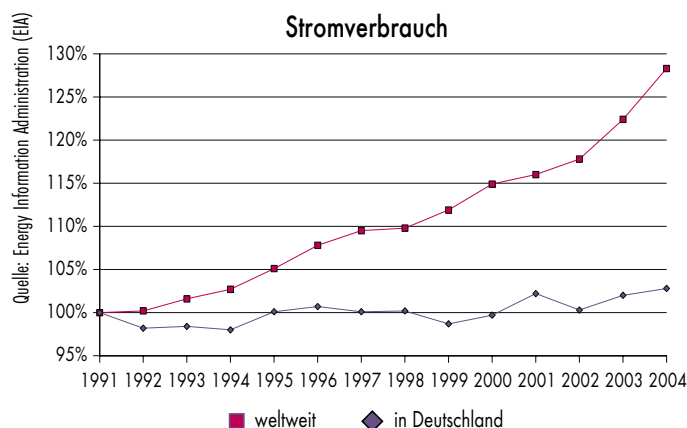
HBAs et cetera – in die gewünschte Arbeit umsetzen. Die von ihnen ungenutzte Energie ebenso wie die von den weiteren Verbrauchern wie USVs und Lüftern verwendete ist Verschwendung: Sie gilt es möglichst gering zu halten.

Je höher die Last ist, desto mehr steigt die Effizienz. Bereits bei 0 % Last konsumieren alle elektrischen Verbraucher Energie und verursachen damit ohne eine einzige Transaktion Kosten. Die meisten Server laufen dazu in Lastredundanz, damit auch bei Lastspitzen keine Wartezeiten für die Benutzer auftreten. Wenn die Server selbst noch redundant ausgelegt sind und oft noch eine Testumgebung hinzukommt, reduziert sich der Wert weiter. So beträgt die durchschnittliche Last auf den Servern dieser Welt nach Schätzungen von APC 30 % (Electrical Efficiency Modeling of Data Centers, White Paper 113). Nach den Berechnungen von APC hat ein Datacenter bei 30 % Nutzung der Rechenpower auch eine Energieeffizienz von 30 %. Laut APC verteilt sich der Energieverbrauch zu 45 % auf die Klimatechnik und zu 23 % auf die Stromverteilung inklusive USV. Nur 30 % erreichen die Rechner. In diesen Zahlen sind damit nicht einmal die Verluste innerhalb der IT-Komponenten enthalten.

Das Netzteil hat einen großen Anteil am Verbrauch und an der Wärmeproduktion. Nach der Studie „Power Supplies: A Hidden Opportunity for Energy Savings“ für das Natural Resources Defense Council liegt die Effizienz von internen Netzteilen zwischen 50 und 90 %, je nach Modell und Hersteller. Bei Servern mit hohen Stückzahlen verbauen die Produzenten oft Netzteile mit nur 65 % Effizienz, da sie keinen Anreiz haben, die teureren Modelle zu verwenden.



- Derzeit fressen Internet-Server und -Infrastruktur etwa 3 % des deutschen Strombedarfs.
- Nur etwa 20 % des Stromverbrauchs im Rechenzentrum nutzen die Server tatsächlich für ihre Aufgaben.
- Moderne Techniken helfen die Energiekosten im RZ zu senken.



Während der weltweite Stromverbrauch seit 1991 um 28,3 % stieg, blieb er in Deutschland im selben Zeitraum beinahe konstant (Abb. 1).

Die weiteren wichtigen Verbraucher im Server sind die Speicher, die Festplatten und die CPU. Die CPUs benötigen bei einem Verbrauch von rund 100 Watt etwa ein Drittel der Gesamtleistung des Rechners und damit 10 % der gesamten im Rechenzentrum verbrauchten Energie. Bei CPUs hat sich in den letzten 12 Jahren die Energieeffizienz um 550 % verbessert. Toms Hardware Guide berichtet in „Mother of all CPU Charts“, dass ein Pentium mit 60 MHz von 1993 mit 10 Watt Aufnahme eine Performance von 6 Takten pro Watt produzierte und ein Pentium 4 mit 3,8 GHz und 115 Watt immerhin 33 Takte. In den letzten Jahren ist diese Entwicklung allerdings auf einem hohen Niveau stehen geblieben. Der Wettlauf um mehr Leistung durch immer höhere Taktzahlen hat die Gewinne durch kleinere Strukturen aufgehoben. Seit einiger Zeit ist es zu einem neuen Wettrennen zwischen den Herstellern nach besserer Leistung bei gleichem Stromverbrauch gekommen. AMD hat bei den Server-Prozessoren seit Jahren die Nase vorn: Ein Opteron verbraucht etwa 20 bis 40 % weniger Strom als ein gleich schneller Xeon.

Wenn man die Verluste zusammenrechnet, stehen über 80 % der Energiekosten des Rechenzentrums nicht dem Ziel des Betriebs, dem Bereitstellen von Diensten, zur Verfügung und erzeugen nur Kosten. Eine Senkung der Energiekosten um 80 % würde in einem Großrechenzentrum, das 70 % seine Etats für Strom ausgibt, die Betriebskosten halbieren. Da auch ein effizient arbeitendes Rechenzentrum die im Inneren erzeugte

Wärme abführen muss, lassen sich nicht alle Energieverluste verhindern. Dennoch kann man realistischere von einem Sparpotenzial von etwa einem Viertel der Verluste ausgehen. Damit lassen sich die gesamten Betriebskosten in einem RZ mit 40 % Anteil Energiekosten immerhin noch um über 8 % senken.

Methoden zum Sparen

Da nur wenige Maßnahmen kostenlos sind, amortisieren sich die Kosten erst nach einiger Zeit. In den meisten Fällen wäre ein Umstieg auf effizientere, meist modernere Systeme und Komponenten notwendig. Sind Neuanschaffungen oder Umrüstungen sowieso geplant, sollte man die Gelegenheit nicht ungenutzt verstreichen lassen.

Das größte Einsparpotenzial besitzt die Klimatechnik. Wer hier die Luftströme nicht richtig lenkt, verschwendet wertvolle Ressourcen. Ein aufgeräumter Zwischenboden, geplante Luftströme zu den Racks, die sich nicht gegenseitig behindern, eine adaptive Klimaanlage, die die Kühlleistung an die Wärme der Abluft anpasst, und der Einsatz der freien Kühlung können schnell zweistellig Prozente sparen. Einfach nur mehr Leistung beseitigt keine Wärmeinseln im Rechenzentrum, und die Begutachtung der Anlage durch einen Spezialisten kann sich schnell rentieren.

Besonders die freie Kühlung verspricht in Deutschland hohes Potenzial, denn sie verzichtet auf mechanische und energieaufwendige Kompression

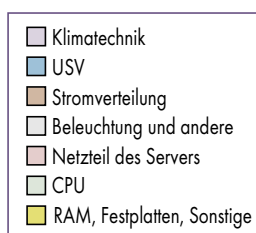
und Ausdehnung. Statt dessen kühlt sie den Luftstrom unkomprimiert durch Wärmetausch mit der Außenluft. Dies funktioniert, solange die Temperatur der Außenluft mindestens ein Grad Celsius unter der der Abluft des RZs liegt. Nach Daten des Meteorologischen Dienstes ist das hierzulande an mehr als 80 % des Jahres der Fall. In diesen Zeiten verbraucht die Klimatechnik dann nur noch den Strom, den die Lüfter benötigen. Nach Herstellerangaben benötigt eine solche Anlage pro Jahr nur noch 20 % des Stroms einer herkömmlichen Anlage. Dadurch amortisieren sich die Anschaffungskosten innerhalb von zwei Jahren.

Besonderes Augenmerk verdient immer der unnötige Energieverbrauch und damit die vermeidbare Wärmeerzeugung in den Racks. Denn jedes eingesparte Watt reduziert die notwendige Kühlleistung um etwa 1,5 Watt.

In den Servern sind die Stromfresser bei Netzteilen mit hohem Energieverlust und veralteten oder überdimensionierten CPUs zu finden. Beispielsweise können moderne Prozessoren die Frequenz herabsetzen. Mit Verfahren wie Speedstep und Powernow haben die Hersteller Mechanismen in die CPUs integriert, die bei geringer Last die Spannung und die Frequenz – teilweise einzelner Kerne – senken können. Nach Angaben etwa von AMD lässt sich der Verbrauch um bis zu 75 % reduzieren (enterprise.amd.com/Downloads/34146A_PC_WP_en.pdf). So das Betriebssystem diese Modi unterstützt, kann es sie über das ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) ansteuern.

Verbraucher und Verschwender

Nicht nur in der Infrastruktur, auch im Server geht ein großer Teil des eingespeisten Stroms verloren (Abb. 2).



Sparend eingreifen

Wer die Lastzeiten seines Betriebes kennt, kann hier sparend eingreifen, indem er die Taktfrequenzen und die Spannung in Zeiten mit niedriger Last per Policy senkt und vor den zu erwartenden Lastspitzen wieder steigert. Solche Mechanismen stammen zwar aus der Notebooktechnik, doch können inzwischen selbst neue Server-CPU's Takt und Spannung automatisch regulieren – ohne Eingriffe des Betriebssystems.

Darüber hinaus sorgen kleinere Strukturen – von momentan 65 nm –, eine bessere Verarbeitung der Prozesse pro Takt – etwa durch breitere Pipes – und andere Mechanismen der neuen CPU-Generationen für eine effizientere Energienutzung. Daher können die

Hersteller eine Leistungssteigerung von bis zu 90 % bei gleicher Leistungsaufnahme für ihre aktuellen Serverprozessoren mit zwei bis vier Kernen, wie Opteron, Power6, Sparc64 VI oder Xeon versprechen. Allerdings gilt diese Regel nicht durchgehend: Intel gibt für seinen Neuling Core 2 Extreme Quad Core eine TDP (Thermal Design Power) von stolzen 130 Watt an.

Bei anderen CPUs senken die Hersteller die Leistungsaufnahme im Vergleich zu vorhergehenden Generationen. Beispielsweise hat Sun seine UltraSparc T1 und T2 (Niagara 1 und 2) auf eine effektive Verarbeitung paralleler Prozesse und Threads im Integer-Bereich – wie sie etwa für Webserver typisch sind – bei geringem Energieverbrauch getrimmt. Die recht niedrige Taktfrequenz von momentan 1,2 GHz gleichen die CPUs durch ihre acht Kerne und die parallele Verarbeitung von idealerweise vier respektive acht Threads pro Kern aus [2]. Zudem sind alle großen Server-Hersteller dazu übergegangen, ihre Blades mit Strom sparenden CPUs auszustatten oder sie zumindest damit anzubieten, seien es Mobile-CPU's von AMD und Intel oder PPC 970 und Cell von IBM [3].

Ebenfalls großen Energiehunger besitzen Disk-Subsysteme, da ihre Platten rund um die Uhr in Bewegung sind, egal ob Server ihre Dienste in Anspruch nehmen oder nicht. Große Disk-systeme können schnell mit Kilowattzahlen im zweistelligen Bereich zu Buche schlagen. Allerdings ist ein Umstieg etwa von den schnelldrehenden, hungrigeren SCSI- oder Fibre-Channel- auf gemütlichere und genügsamere SATA-Platten vor allem aus Gründen der Ausfallsicherheit nicht immer angeraten und senkt den Verbrauch nicht wirklich: Zwei Lüfter pro Unit, mehrere RAID-Controller mit jeweils eigenem Cache im GByte-Bereich und zugehörigen Battery Backup Units bedienen sich ebenfalls kräftig.

Die einzige Alternative besteht wohl in einer hierarchisch angeordneten Speicherinfrastruktur, vor allem unter Einbeziehung von Offline-Medien wie Tapes und optischen Medien als Grab für selten bis nicht gar mehr benutzte Daten.

Für die Konsolidierung von vorhandenen oder geplanten Systemen bietet sich die Virtualisierung der Server an. Auch wenn sich ACPI etwa mit dem ESX von VMware nicht nutzen lässt, sind durch die gemeinsam genutzten Ressourcen wie Festplatten, RAM,

CPU und Netzteil hohe Einsparungen zu erreichen. In einem sicheren Betrieb muss es für jeden Server einen Backup-Server und ein Testsystem geben. Alle drei laufen normalerweise durch. In einer virtualisierten Umgebung etwa mit VMotion laufen zwei ESX-Server-Cluster in zwei Rechenzentren, die sich gegenseitig absichern. Auf beiden Wirtssystemen sind einige Server in Virtuellen Maschinen (VM) installiert (Gastsysteme), beide arbeiten mit einer hohen Last – das Prinzip Hot-and-Working-Spare löst das Prinzip Hot-Spare ab.

Virtualisierung und Last-Management

Wenn eine VM mehr Ressourcen benötigt, lagert der Hypervisor sie automatisch auf den ESX-Server aus, der noch Ressourcen frei hat. Wenn einer der beiden Cluster nicht mehr zur Verfügung steht, übernimmt der andere Cluster die Aufgaben durch das Starten eines Snapshots, ohne dass der Client dies bemerkt. In Umgebungen mit vielen Servern, die oft keine oder kaum Last haben, wie etwa Miet-Server beim Hoster, sind die Einsparungen immens, da sich viele komplett getrennte Server auf einer Hardware betreiben lassen. Gleiches gilt für Testumgebungen, die normalerweise seltener genutzt werden und in denen die Lastspitzen genauer planbar sind. Zudem sind in diesen Umgebungen die Anforderungen niedrig und die Antwortzeiten gemäßigt.

Dreifach sparen kann, wer bereit ist, seine Server und die Klimatechnik kleiner auszulegen und damit näher an den wirklich zu erwarteten Leistungsanforderungen bleibt. Einerseits sind weniger Geräte zu beschaffen, die geringere Zahl und die höhere Last auf den eingesetzten erhöht die Effizienz. Gleiches gilt für die Suche nach unterbeschäftigten oder komplett ungenutzten Systemen. Nach der oben zitierten Studie von APC kann man damit die Effizienz der die Server umgebenden Systeme auf bis zu 70 % erhöhen.

Als einziger Schönheitsfehler können sich punktuell längere Antwortzeiten erweisen, da Lastspitzen nicht mehr abgefangen werden. Ein dynamisches Last-Management kann das beheben. Oft erreichen die Server die oberen 40 % der Lastkurve nur in weniger als 3 % der Betriebszeit. Da diese Zeiträume meist bekannt sind, kann

man für sie zusätzliche Ressourcen bereitstellen, indem man in Umgebungen mit Lastverteilung weitere Server per Policy oder Skript startet und danach wieder herunterfährt – etwa über Service-Prozessoren, IP-fähige Stromverteilerleisten, IPMI oder Wake-on-LAN. Im Beispiel des virtualisierten Rechenzentrums würde man für den Zeitraum der bekannten Lastspitzen einen weiteren Server hochfahren und zuvor definierte VMs darauf starten.

Manchmal lassen sich durch kleine Änderungen im Betriebsablauf die Spitzen auf einen längeren Zeitraum verteilen. Ein recht kurioses Beispiel für Last-Management kommt aus den USA. Dort hat ein Energieversorger den Haushalten eine Klimaanlage geschenkt, die per Internet mit dem Energieversorger verbunden ist. Wenn der eine Spitzenlast im Stromnetz bemerkt, schaltet er die Klimaanlage für wenige Minuten ab. Damit gleicht er die Lastspitzen aus und muss weniger Überkapazität vorhalten.

Aufräumen am Arbeitsplatz

Nach Schätzungen gehen über 50 % des von ITK verursachten Stromverbrauchs im Unternehmen auf das Konto der Arbeitsplätze. Hier sind die Einsparpotenziale besonders hoch. Neben mit Energy-Star ausgezeichneten Geräten kann man mit einfachen und fast kostenlosen Methoden die Stromrechnung reduzieren;

etwa, indem man die regelbasierte Steuerung der Windows-Aktivitäten aktiviert. Beispielsweise kann ein PC nach 20 Minuten Inaktivität in den Ruhezustand übergehen. Dann stört der Lüfter auch nicht mehr den Arbeitnehmer beim Büroschlaf und versinkt nach 17 Uhr automatisch in Strom sparenden Schlummer. Für nachts ausgeführte Wartungen, wie die Installation neuer Versionen und Sicherheitstests, lassen sich die PCs entweder zeitgesteuert oder per Signal wecken.

Reduziert man die Betriebszeiten damit von 24 Stunden an allen Tagen des Jahres auf etwa 8 Stunden an den Arbeitstagen, spart man fast 80 % des Stroms. Bei angenommenen 200 W für PC und Monitor wären das etwa 1200 kWh oder – bei einem Strompreis von 10 Cent – 120 Euro pro Jahr und Arbeitsplatz. Bereits berücksichtigt darin ist die Tatsache, dass auch scheinbar ausgeschaltete Geräte noch

Strom verbrauchen, zu ihnen gehören auch PCs mit den üblichen ATX- oder BTX-Mainboards oder Monitore mit Softbuttons.

Gerade die Feinheiten der verschiedenen Off- und Sleep-Modi sind zu beachten. Obwohl ein Umstieg von CRT- auf TFT-Monitore aus der Perspektive der Energiebilanz dringend anzuraten ist, haben auch Letztere ihre Tücken. Die bei ihnen anzutreffende Schnittstelle DVI kennt alleine vier Off-Modi, die Monitore selber je nach Hersteller und Serie zwei bis vier. Doch nur der leider nicht immer vorhandene Kippschalter kann den Verbrauch auf 0 Watt reduzieren. Gerade bei Arbeitsplätzen mit mehreren Rechnern oder elektrischen Geräten sollte man über die Anschaffung von Stromverteilerleisten mit Aus-Schalter und ihre Benutzung nachdenken, besser noch über solche, die sich fernsteuern lassen.

Vor allem stellt sich die Frage, ob viele Arbeitsplätze nicht überdimensioniert ausgestattet sind. In den meisten Fällen reichen statt PCs Thin Clients, deren Anwendungen auf Servern laufen, deren Ressourcen sich wiederum je nach Last variieren lassen. Sun Microsystems beispielsweise hat seine Niederlassungen in den USA auf Arbeitsplätze mit den Ultra Thin Clients Sun Ray und T1-Server umgerüstet und dadurch seine Stromrechnung um 215 Mio. US-Dollar pro Jahr gesenkt.

Fazit

Am meisten sparen wird der, der ein integriertes Konzept mit einer intelligenten Verknüpfung zwischen flexiblen Komponenten realisiert. Um die Verschwender aufzuspüren, muss man die Stromverbraucher ebenso überprüfen wie die Raumplanung und die Klimatechnik. Bei der Nutzung aller Möglichkeiten kann man Einsparungen über 8 % der Gesamtkosten der Rechenzen-

trums-Betriebs erreichen. Dieser Wert schwankt je nach dem, welche Geräte man heute betreibt und wie viel man investiert.

Alternativ kann sich das RZ durch die Installation einer Brennstoffzelle mit Energie versorgen, wie dies die „First National Bank of Omaha“ seit 1999 praktiziert. Wer das Glück hat, in einer sonnigen Gegend zu arbeiten, kann dem Beispiel von Microsoft, FedEx oder Google folgen und das Dach des RZ als Photovoltaik-Anlage zur Erzeugung von bis zu 80 % des Strombedarfs nutzen. Durch die hohen Preise für Ökostrom kann der Verkauf von Überkapazitäten an den lokalen Stromversorger tatsächlich als nennenswerte Größe in die Kalkulation einfließen. Und wer ohne hohe Investitionen seinen Kunden Grünes Internet anbieten will, kann den Strom bei Greenpeace beziehen und mit einer Öko-Plakette für seine Dienste werben. (sun)

CHRISTOPH PUPPE

ist Security Consultant bei der Hisolutions AG in Berlin, CISSP und seit mehreren Jahren als Berater tätig.

Literatur

- [1] Claus Barthel, Stefan Lechtenböhrer, Stefan Thomas; GHG Emission Trends of the Internet in Germany; in: Thomas Langrock, Hermann E. Ott, Tsuneo Takeuchi; International Climate Policy & the IT-Sector; A report on the „Policy dialogue between Japan and Germany for facilitating coordinated measures to address global warming“; Wuppertal 2001
- [2] Thomas Nau; Multicore-Server; Sun Tzu; Suns 32-Wege-Server T2000 mit Ultra Sparc T1; iX 5/2006, S. 88
- [3] Utz Bacher, Arnd Bergmann, Roland Seiffert; CPU-Entwicklung; Kraftzelle; Linux auf Cell-Prozessoren; iX 9/2005, S. 134

