

Die Umsetzung energiesparender Datencenter

Von Neil Rasmussen

White Paper Nr. 114

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Zusammenfassung

Die Kosten für den Stromverbrauch stellen für Datacenter einen immer größer werdenden Anteil an den Gesamtbetriebskosten dar. Es ist jedoch möglich, den Stromverbrauch typischer Datacenter durch eine entsprechende Planung der physischen Infrastruktur für hochverfügbare Netzwerke (NCPI) sowie der IT-Architektur drastisch zu reduzieren. Diese technische Dokumentation zeigt auf, wie die Höhe der Energieeinsparungen ermittelt werden kann und gibt Beispiele für Methoden zur erheblichen Reduzierung des Stromverbrauchs.

Einführung

Der Stromverbrauch zählt weder zu den typischen Design-Kriterien für Datacenter noch wird er als tatsächlicher Kostenfaktor gehandhabt. Dies entspricht der Realität, obwohl die Kosten für den Stromverbrauch während der Lebensdauer eines Datacenters durchaus höher sein können als die Kosten für das Stromversorgungssystem, einschließlich USV, und auch höher als die Kosten für die IT-Geräte selbst. Für diese Situation gibt es folgende Gründe:

- Die Inrechnungstellung der Stromkosten erfolgt erst, nachdem die Kosten entstanden sind, sodass sie nicht auf klar erkennbare Weise in Zusammenhang mit bestimmten Entscheidungen oder Arbeitsverfahren stehen. Aus diesem Grund werden sie als unvermeidlich angesehen.
- Werkzeuge zur Modellierung der Stromkosten von Datacentern sind nicht allgemein verfügbar und werden beim Datacenter-Design in der Regel nicht verwendet.
- Die in Rechnung gestellten Kosten unterliegen häufig nicht dem Verantwortungsbereich oder dem Budget der für den Datacenter-Betrieb verantwortlichen Personengruppe.
- Die Stromrechnung für das Datacenter ist Bestandteil einer umfassenderen Stromrechnung und möglicherweise nicht separat erhältlich.
- Entscheidungsträger werden während der Planungs- und Kaufentscheidungen nicht ausreichend über die Folgekosten für den Stromverbrauch informiert.

Im vorliegenden Dokument wird aufgezeigt, dass alle der oben angeführten Punkte korrigiert werden können und korrigiert werden sollten. Denn für typische Benutzer sind erhebliche finanzielle Einsparungen möglich. Der größte Nutzen kann durch ein neues Anlagen-Design erreicht werden, jedoch sind auch für bestehende und in der Entwicklung begriffene Anlagen Einsparungen möglich. **Einfache und kostenfreie Entscheidungen, die bei der Planung eines neuen Datacenters getroffen werden, können Einsparungen von 20 bis 50 % im Hinblick auf die Stromrechnung bewirken. Bei systematischer Anstrengung können sogar Einsparungen bis zu 90 % erreicht werden.**

Wie hoch sind die Kosten für den Stromverbrauch?

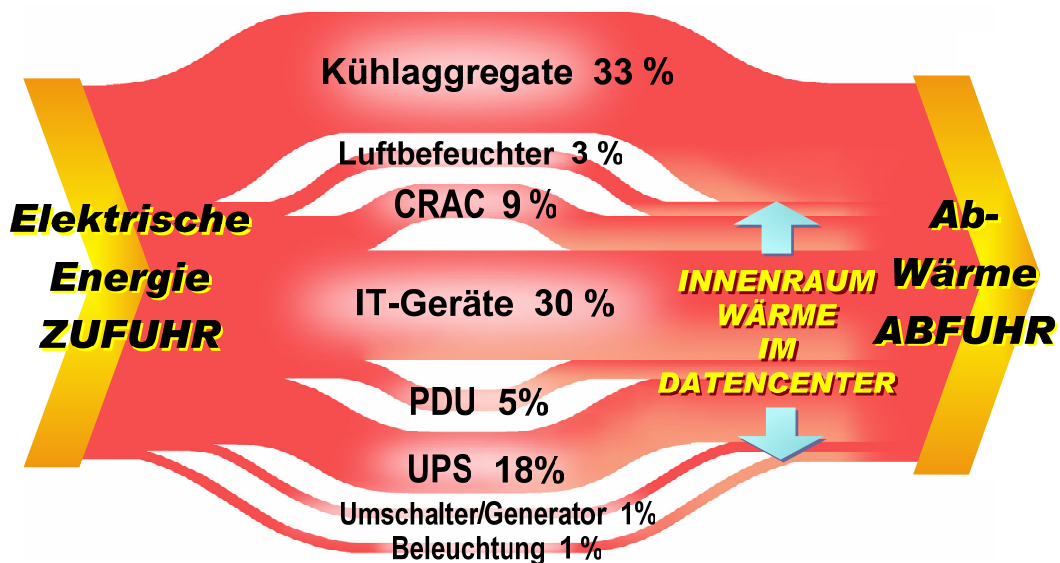
Ein typischer Wert für den Strompreis ist der Betrag von 0,12 USD pro kWh. Auf der Grundlage dieses Preises belaufen sich die jährlichen Stromkosten pro kW IT-Last auf ca. 1.000 USD. Während der zehnjährigen Lebensdauer eines durchschnittlichen Datacenters bedeutet dies also Kosten von ungefähr 10.000 USD pro kW Last.

Als Faustregel gilt, dass ungefähr die Hälfte des Energieverbrauchs in einem Datacenter auf die IT-Lasten entfällt. Die andere Hälfte entfällt auf die Komponenten der physischen Infrastruktur für hochverfügbare Netzwerke (NCPI), darunter auch die Stromversorgungsgeräte. Dies bedeutet, **dass für jedes kW IT-Last in einem Zeitraum von 10 Jahren Stromkosten in Höhe von rund 20.000 USD anfallen**. So würden sich beispielsweise bei einem 200-kW-Datencenter die Stromkosten in einem Zeitraum von 10 Jahren auf 4.000.000 USD belaufen. Dies sind für alle Unternehmen substantielle Kosten, und IT-Fachleute sollten daher wissen, wie diese Kosten entstehen und dass sie vermeidbar sind.

Was wird aus der Energie?

Maximal die Hälfte des Energieverbrauchs in einem Datacenter entfällt auf die IT-Lasten. Die andere Hälfte entfällt auf die Komponenten der physischen Infrastruktur für hochverfügbare Netzwerke (NCPI), darunter auch die Geräte für die Stromversorgung, Kühlung und Beleuchtung. **Abbildung 1** zeigt den Stromfluss in einem typischen hochverfügbaren Datacenter. Zu beachten ist, dass die gesamte vom Datacenter verbrauchte Energie letztendlich in Abwärme umgewandelt und ins Freie abgeführt wird. **Abbildung 1** basiert auf einem typischen Datacenter mit 2N Stromversorgungsgeräten und N+1 Kühlungsgeräten, das mit einer Auslastung von rund 30 % seiner Nennkapazität arbeitet.

Abbildung 1 – Der Stromfluss in einem typischen Datacenter



Das obige Datacenter hat also einen Wirkungsgrad von 30 %, wobei dieser Wert auf dem Anteil des zugeführten Stroms basiert, der tatsächlich von der IT-Last aufgenommen wird. Ausführlichere Informationen darüber, was aus der Energie wird und auf welche Weise die verschiedenen Gerätetypen zur Last beitragen, finden Sie in APC White Paper Nr. 113, „Elektrisches Wirkungsgradmodell von Datacentern“.

Der Wirkungsgrad ist ein unzureichendes Maß

In vielen Erläuterungen über den elektrischen Stromverbrauch wird der Begriff „Wirkungsgrad“ verwendet. Während die zugrunde liegende Bedeutung von Begriffen wie „Verbesserung des Wirkungsgrads“ problemlos verstanden wird, ist die Verwendung des Begriffs „Wirkungsgrad“ als Fachbegriff für die quantitative Bewertung eines Datacenters eher verwirrend. Die Aussagen sind viel klarer, wenn als Maß der elektrische Stromverbrauch (kW) und nicht die Angabe des Wirkungsgrades verwendet wird. Wenn beispielsweise zwei verschiedene Komponenten in einem Datacenter zu 50 % bzw. zu 80 % effizient sind, ist nicht klar, auf welche Weise diese Wirkungsgrade in einer kostenbezogenen Zahl aufeinander bezogen werden können. Denn die Stromkosten hängen von der Strommenge ab, die durch jede Komponente fließt. Außerdem weisen einige Geräte, wie z. B. Computer oder Beleuchtungen, keinerlei Wirkungsgrad auf, was zeigt, dass dieser Begriff verwirrend ist und keine quantitativen Informationen über die elektrische Verwendung dieser Geräte vermittelt.

Im Gegensatz dazu ist die Verwendung des elektrischen Stromverbrauchs als Maß einfach und eindeutig. Der Gesamtstromverbrauch ist einfach die Summe des Verbrauchs aller Komponenten im Datacenter. Wenn eine Komponente monatlich Strom im Wert von 10 USD verbraucht und eine andere Strom im Wert von 20 USD, ist es eine einfache Sache, diese Werte zu addieren. Aus diesem Grund wird in diesem Dokument der elektrische Stromverbrauch als quantitativer Begriff verwendet, und nicht der zwar gebräuchlichere, jedoch nicht eindeutige Begriff des Wirkungsgrads. Eine umfassende Erläuterung der Modellierung des Energieverbrauchs von Datacenters ist in APC White Paper Nr. 113 enthalten.

Der Wert eines Watt

Elektrische Leistung wird in Energieeinheiten verkauft, die als Kilowattstunden (kWh) bezeichnet werden. Dabei ist eine Kilowattstunde die Energiemenge, die in einer Stunde bei einer Leistungsstufe von 1000 Watt (1 kW) geliefert wird. Die Unterscheidung zwischen **Leistung** und **Energie** ist für die wirtschaftliche Analyse sehr wichtig. Kosten für die **Leistungskapazität** sind Kosten, die mit den Energie liefernden Systemen verbunden sind und die sich mit der Verlustleistung eines Systems erhöhen. Beispiele für Kosten, die von der Leistungskapazität beeinflusst werden, sind USV-, Generator-, Klimaanlage- und Stromverteilerkosten. Energiekosten sind die Kosten in Verbindung mit der Stromrechnung.

Ein wichtiges Prinzip, das verstanden werden sollte, ist der Punkt, **dass durch die Reduzierung des Energieverbrauchs sowohl die mit der Leistungskapazität verbundenen Kosten als auch die Energiekosten reduziert werden können.** Das heißt, dass eine Strom sparende Implementierung in vielen Fällen auch Einsparungen im Hinblick auf die NCPI-Infrastruktur bringen kann, deren Kosten in erster Linie vom Laststrombedarf abhängen. Ein weiteres, damit verbundenes Prinzip, dessen Verständnis wichtig ist, besteht darin, dass zwischen der temporären und der dauerhaften Reduzierung des Energieverbrauchs ein Unterschied besteht. Temporäre Einsparungsmaßnahmen, wie z. B. Lastabwurf oder Server Power Management, bewirken zwar eine Reduzierung der Stromkosten, jedoch nicht zwangsläufig eine Reduzierung der Nennleistungsaufnahme der NCPI-Systeme und der damit verbundenen Kosten der NCPI-Infrastruktur. Dauerhafte oder strukturelle Änderungen, wie z. B. Hochleistungsserver oder Hochleistungs-USV-Systeme, bewirken sowohl eine Reduzierung der Stromkosten als auch der Infrastrukturkosten. Diese Prinzipien sind in **Tabelle 1** zusammen mit Beispielen für Einsparungswerte dargestellt.

Tabelle 1 – Der wirtschaftliche Nutzen bei Einsparung von einem kW Stromverbrauch in einem typischen hochverfügbaren Datacenter durch temporäre und strukturelle Einsparungsmaßnahmen im Vergleich

	Temporäre Einsparungsmaßnahme	Strukturelle Einsparungsmaßnahme	Bemerkung
Einsparmethode	Power Management Lastabwurf Energiespargeräte	Hochleistungsserver Hochleistungs-USV Bedarfsgerechte Dimensionierung	
Stromeinsparungen im Zeitraum von 1 Jahr	\$960	\$960	Bei Zugrundelegung von 0,12 USD pro kWh
Stromeinsparungen (IT) im Zeitraum von 10 Jahren	\$9.600	\$9.600	Durchschnittliche Soll-Lebensdauer eines Datacenters
Stromeinsparungen (NCPI) im Zeitraum von 10 Jahren	\$960	\$13.760	Strukturelle Maßnahmen ermöglichen die Reduzierung von kapazitätsbezogenem Stromverbrauch
NCPI-Kapazitätskosteneinsparungen	\$0	\$13.300	Strukturelle Maßnahmen ermöglichen die Reduzierung von Gerätekapazität
NCPI-Betriebskosteneinsparungen	\$0	\$6.600	Durch die Reduzierung der Gerätezahl werden Betriebskosten, wie z. B. Wartungskosten, gesenkt
Gesamtkosteneinsparungen pro kW im Zeitraum von 10 Jahren	\$10.560	\$43.260	

Das Datacenter im obigen Beispiel weist eine 2N Redundanz und eine durchschnittliche Auslastung von 30 % auf. Zu beachten ist, dass sich bei einem nicht-redundanten Datacenter die Einsparungen erheblich reduzieren würden, und zwar auf ungefähr die Hälfte der angegebenen Werte. Zu beachten ist außerdem, dass in einer typischen Situation nicht der gesamte Bedarf an Leistungs- und Kühlkapazität durch eine strukturelle Reduzierung vermieden werden kann. Daher werden die Einsparungen möglicherweise noch weiter reduziert. Bei realistischer Einschätzung wird jedoch generell davon ausgegangen, dass die Vermeidung von Stromverbrauch durch strukturelle Maßnahmen doppelt so viel Einsparpotential bietet wie die temporäre Vermeidung.

Der wichtigste Punkt, der verstanden werden sollte, ist die Tatsache, dass es zwei Ansätze zur Reduzierung des Energieverbrauchs gibt: Beim ersten Ansatz wird Energieverbrauch vermieden, ohne den Bedarf an Leistungskapazität zu reduzieren, während der andere Ansatz die Reduzierung der installierten Leistungskapazität vorsieht. Der Ansatz zur Verbrauchsreduzierung, welcher Energieverbrauch ohne Reduzierung der installierten Leistungskapazität vermeidet, wird hier als „temporäre Verbrauchsvermeidung“ bezeichnet. Der Ansatz zur Verbrauchsreduzierung, der die Reduzierung der installierten Leistungskapazität vorsieht, wird als „strukturelle Verbrauchsvermeidung“ bezeichnet. Für Datacenter gilt die Faustregel, dass die strukturelle Verbrauchsvermeidung ungefähr doppelt so viel Einsparpotential bietet wie die temporäre Verbrauchsvermeidung.

Reduzierung des Energieverbrauchs bei IT-Geräten

Ohne jeden Zweifel wird der größte Teil des Energieverbrauchs durch die Leistungsaufnahme der IT-Geräte verursacht. Die Leistungsaufnahme der IT-Geräte wirkt sich auf die Stromrechnung nicht nur direkt aus, sondern auch indirekt durch den Bedarf an Stromversorgungs- und Kühlungsgeräten, die ebenfalls vergleichbare Mengen an Strom verbrauchen. Aus diesem Grund sollten alle IT-Mitarbeiter in die Überwachung des Energieverbrauchs von IT-Geräten einbezogen werden.

Die Methoden zur Überwachung des IT-Energieverbrauchs waren noch nie fundiert. Beispielsweise liefern IT-Gerätehersteller nicht die entsprechenden Informationen, die es Benutzern ermöglichen, Entscheidungen auf der Grundlage des Energieverbrauchs zu treffen. Benutzer wissen in der Regel nicht, dass sie über Wahlmöglichkeiten verfügen, die den Energieverbrauch beeinflussen können. Die Situation wird jedoch allmählich besser, und Benutzer können im Hinblick auf Betrieb und Planung Maßnahmen zur systematischen Reduzierung des Energieverbrauchs ergreifen.

Die Reduzierung des Energieverbrauchs von IT-Systemen umfasst zwei Ansätze:

- Operationale Maßnahmen: Ablösung veralteter Systeme, betreiben bestehender Systeme auf effiziente Weise sowie Migration auf Energie sparende Plattformen
- Planungsbezogene Maßnahmen: Virtualisierung und Standardisierung

Diese Maßnahmen werden der Reihe nach erläutert.

Operational: Ablösen veralteter IT-Systeme

Die meisten Datacenter verfügen über Plattformen mit veralteter Technologie, die für Archivierungs- oder Recherchezwecke weiter betrieben werden. Tatsächlich gibt es in den meisten Datacentern Anwendungsserver, die in Betrieb sind, für die es jedoch keine Benutzer gibt. Es empfiehlt sich, diese Systeme in einer Bestandsliste zu erfassen und einen Plan für ihre Ablösung zu erstellen. Häufig können Systeme vom Netz genommen und abgeschaltet werden, selbst wenn sie noch nicht entfernt werden.

Eine andere Möglichkeit in diesem Zusammenhang besteht, wenn die Anwendungen von mehreren Plattformen mit veralteter Technologie auf neuen Servern konsolidiert werden können und dadurch die Gesamtzahl der Server wesentlich reduziert wird. Für diese Art der Konsolidierung ist keine Virtualisierung erforderlich. Dieser Begriff wird weiter unten in diesem Dokument erläutert.

In typischen Fällen ist eine Reduzierung der Leistungsaufnahme von bis zu 20 % möglich. Auch wenn keine Grundfläche gewonnen wird, **kann die gewonnene Leistungskapazität sehr wertvoll sein**, wenn zunehmend Geräte mit höherer Leistungsdichte eingesetzt werden.

Operationale Maßnahme: Betreiben bestehender Systeme auf effiziente Weise

Die meisten neuen Server weisen heute Power Management-Funktionen auf. Dies bedeutet, dass sie den Energieverbrauch in Zeiten geringerer Auslastung reduzieren können. Vor einigen Jahren war dies noch nicht möglich. Damals war die Leistungsaufnahme aller IT-Geräte konstant und nicht von der Auslastung abhängig. Benutzer sollten über diese Veränderung in der IT-Technologie Bescheid wissen und auf den Status der Power Management-Funktionen in ihren IT-Systemen achten. Power Management sollte möglichst auf allen Geräten aktiviert sein, die diesen Funktionsumfang bieten. Zu beachten ist, dass viele Gerätehersteller ihre Geräte mit standardmäßig deaktivierten Power Management-Funktionen liefern. Dabei können Anwendungsaktualisierungen erforderlich sein, um die maximale Nutzung der Power Management-Funktionen sicherzustellen. Power Management-Funktionen reduzieren den Gesamtenergieverbrauch, jedoch nicht den Bedarf an Leistungskapazität.

Operationale Maßnahme: Migration auf Energie sparende Computing-Plattformen

Die Migration auf Strom sparende Plattformen ist ebenfalls eine wirksame Strategie zur Reduzierung der Leistungsaufnahme. Die meisten Datacenter verfügen über so genannte „Server mit niedriger Leistungsdichte“, die 3 bis 5 Jahre alt sind. In der Regel weisen diese Server einen gleich hohen oder geringeren Energieverbrauch pro Server auf wie die heutigen Blade-Server und sie sind wesentlich größer. Durch die auf Server-zu-Server-Basis durchgeführte Migration von herkömmlichen Servern auf moderne Blade-Server wird der Gesamtenergieverbrauch in der Regel NICHT reduziert, sondern kann sich sogar noch erhöhen. Jedoch ermöglicht eine solche Migration deutlich höhere Packungsdichten für Server. Blade-Server erzeugen in der Regel nicht mehr Wärme als entsprechende 1U-Server. Die Wärme wird jedoch auf einer kleineren Fläche erzeugt, sodass sich Wärmeableitungsprobleme ergeben können und dadurch der Eindruck entsteht, Blade-Server würden ein extrem hohes Maß an Wärme erzeugen.

Wenn die Implementierung neuer Server geplant wird, bringt der Einsatz von Blade-Servern im Vergleich zu anderen Server-Formfaktoren in der Regel eine 20-prozentige Reduzierung des Energieverbrauchs. Dies liegt daran, dass Blade-Server generell über leistungsfähigere Stromnetzteile verfügen und einige Funktionen, wie z. B. Lüftungseinheiten, gemeinsam nutzen. Es ist wichtig zu verstehen, dass bei Wahl des Blade-Formfaktors der Energieverbrauch im Vergleich zu anderen Server-Formfaktoren zwar reduziert wird, dass jedoch Blade-Server nicht zwangsläufig weniger Energie verbrauchen als ältere Server.

Diese Erläuterungen lassen darauf schließen, dass eine Server-zu-Server-Migration bestehender Servertechnologien nicht unbedingt eine erhebliche Reduzierung des Energieverbrauchs bringt. Um das Einsparpotenzial durch die Migration von Blade-Servern auf Server-zu-Server-Basis zu ermitteln, muss die Leistungsaufnahme des bestehenden Servers mit der Leistungsaufnahme jedes zur Wahl stehenden Blade-Servers verglichen werden. Des Weiteren muss die Leistung der beiden Server verglichen werden, um die Leistung pro Watt zu erhalten. Größere OEM-Hersteller, wie z. B. Dell, HP und IBM bieten inzwischen Benutzer-Konfigurationstools an, die die tatsächliche Leistungsaufnahme verschiedener Blade-Server-Konfigurationen genau anzeigen. Die einzig realistische Methode zur Ermittlung der Energieverbrauchswerte für herkömmliche Server besteht darin, Vergleichsserver mit einem Wattmeter zu messen. Durch den Vergleich der auf diesem Wege erhaltenen Werte können die Energieeinsparungen durch eine umfassende Servermigration als Schätzwerte ermittelt werden. Am wirksamsten sind generell die nachfolgend aufgeführten Migrationsstrategien:

- Verwendung eines 2-Wege-Servers oder eines Dual Core Servers mit einem Prozessor anstelle von zwei oder mehr veralteten Servern
- Verwendung eines Blade-Servers mit Nieder- oder Mittelspannungsprozessor anstelle eines veralteten Servers
- Bei Servern mit dedizierten Festplatten Verwendung von 2,5-Zoll-Enterprise-Laufwerken mit geringerer Leistungsaufnahme anstelle von 3,5-Zoll-Laufwerken

- Verwendung eines Servers mit einem Dual Core-Prozessor anstelle eines Servers mit zwei Prozessoren
- Verwendung eines 2-Wege-Dual-Core-Servers anstelle eines 4-Wege-Servers

Diese Erläuterungen lassen darauf schließen, dass die Migration im Schnitt nicht die wirksamste Methode ist, um eine Reduktion der Leistungsaufnahme zu erreichen. Der wichtigste Beitrag, den neue Servertechnologien zur Reduktion der Leistungsaufnahme leisten können, besteht darin, dass die Konsolidierung von Anwendungen auf Servern genutzt werden kann, um die Gesamtzahl der Server zu reduzieren, oder in der Server-Virtualisierung.

Planungsbezogene Maßnahme: Virtualisierung

Die Server-Virtualisierung bewirkt eine drastische Reduzierung des Energiebedarfs von IT-Geräten. Durch die Virtualisierung wird fast immer die Anzahl der installierten Server drastisch reduziert. Die Eliminierung eines Servers ist eine strukturelle Maßnahme zur Verbrauchsvermeidung von rund 200-400 W, abhängig von der Technologie. Dies bedeutet eine Verminderung der Stromrechnung um rund 380 USD pro Jahr, wobei sich die Einsparungen, die durch diese strukturelle Maßnahme zur Verbrauchsvermeidung im Hinblick auf die Gesamtbetriebskosten über einen Zeitraum von 10 Jahren erreicht werden können, auf rund 7.680 USD pro eliminiertem Server belaufen. **Diese Einsparung ist erheblich größer als die Kosten für den Server selbst.**

Planungsbezogene Maßnahme: Standardisierung

Die Standardisierung im Hinblick auf Energie sparende Server ist ein sehr wirksamer Ansatz, auch wenn keine Virtualisierung angewendet wird. Blade-Server sind gegenwärtig die stromsparendste Servervariante. Die für ein gegebenes Blade-Server-System verfügbaren Blade-Server-Typen können jedoch im Hinblick auf Leistung und Leistungsaufnahme in hohem Maße variieren. Häufig ist es schwierig, den Leistungsbedarf einer serverbasierten Anwendung im Voraus zu bestimmen. Daher wird meist die maximal verfügbare Leistung spezifiziert – auf Kosten eines erheblichen Stromverbrauchs.

Bei der Server-Virtualisierung ist die Strategie, den Server mit der besten Leistung zu verwenden, generell die beste Vorgehensweise zur Minimierung der Gesamtleistungsaufnahme. Wenn jedoch Server von Anwendung zu Anwendung implementiert werden, kann es sinnvoll sein, die Serverleistung an die Anwendungsanforderungen anzupassen, um Energie zu sparen.

Benutzer, die ein standardisiertes Blade-Server-System verwenden und Server pro Anwendung implementieren, können dabei zwischen zwei Blade-Servern wählen: einem Hochleistungs-Blade-Server mit hoher Leistungsdichte und einem Blade-Server mit niedrigerer Leistung und Leistungsdichte. Der Leistungsaufnahmebereich kann größer als zwei zu eins sein. Die logische Strategie besteht darin, Anwendungen standardmäßig auf dem Server mit niedrigerer Leistung zu implementieren und sie nur dann auf einen leistungsstärkeren Blade-Server zu verschieben, wenn sich dies als erforderlich zeigt. Dies wird durch die Einfachheit der Bereitstellung von Blade-Servern erleichtert. Auf diese Weise kann für ein typisches Unternehmensdatencenter eine strukturelle Verbrauchsvermeidung für die IT-Last von 10 % oder mehr erreicht werden.

Reduktion des Energieverbrauchs bei NCPI-Komponenten

Die Reduktion des Energieverbrauchs wird bei NCPI-Komponenten mithilfe der folgenden Vorgehensweisen erreicht: Bedarfsgerechte Dimensionierung des NCPI-Systems im Hinblick auf die Last, Verwendung effizienter NCPI-Komponenten und energiesparendes Systemdesign. Benutzer achten in der Anschaffungsphase möglicherweise auf die Stromeffizienz von NCPI-Komponenten. Tatsache ist jedoch, dass die von den Herstellern bereitgestellten Daten in der Regel nicht ausreichen, um die tatsächlichen Unterschiede der Leistungsaufnahme zu bestimmen. Außerdem haben die bedarfsgerechte Dimensionierung und das Systemdesign einen weit größeren Einfluss auf den Stromverbrauch als die Wahl der NCPI-Komponenten.

Bedarfsgerechte Dimensionierung

Von allen Vorgehensweisen, die zur Verfügung stehen, hat die bedarfsgerechte Dimensionierung des NCPI-Systems im Hinblick auf die Last den größten Einfluss auf den Stromverbrauch im NCPI-System. Die meisten Benutzer wissen nicht, dass die Stromversorgungs- und Kühlungssysteme feste Verluste aufweisen, die unabhängig von der IT-Last vorhanden sind und sich proportional zur Gesamtnennleistung des Systems verhalten. Diese festen Verluste sind die dominante Form des NCPI-Stromverbrauchs in typischen Installationen. In Installationen mit geringen IT-Lasten übersteigen die festen Verluste der NCPI-Komponenten normalerweise die IT-Last. Bei einem überdimensionierten NCPI-System machen die festen Verluste einen hohen Prozentsatz der Gesamtstromrechnung aus. Bei einem typischen System mit einer Auslastung von 30 % der Nennleistung belaufen sich die Stromkosten pro kW IT-Last auf rund 2.300 USD pro Jahr. Bei bedarfsgerechter Dimensionierung des Systems im Hinblick auf die Last würden sich die Stromkosten pro kW IT-Last auf rund 1.440 USD pro kW und pro Jahr belaufen, was Einsparungen von 38 % an Stromkosten bedeutet (siehe **Tabelle 4**).

Table 4 – Die wirtschaftlichen Vorteile durch die bedarfsgerechte Dimensionierung eines Datacenters mit Angabe der Kosten pro kW in der Zeitspanne von 10 Jahren

	Ohne bedarfsgerechte Dimensionierung	Mit bedarfsgerechter Dimensionierung	Bemerkung
Strom IT	\$9.600	\$9.600	Bei Zugrundelegung von 0,12 USD pro kWh
Proportionale Verluste NCPI	\$960	\$960	
Feste Verluste NCPI	\$12.800	\$3.840	Strukturelle Verbrauchsvermeidung ermöglicht die Reduktion von kapazitätsbezogenem Stromverbrauch
Investitionskosten NCPI	\$13.330	\$4.000	Strukturelle Verbrauchsvermeidung ermöglicht die Reduktion der Gerätezahl
Betriebskosten NCPI	\$6.667	\$2.000	Durch die Reduktion der Gerätezahl werden Betriebskosten, wie z. B. Wartungskosten, gesenkt
Gesamtstromkosten NCPI	\$13.760	\$4.800	Summe der festen und proportionalen Verluste
Gesamtstromkosten (NCPI + IT)	\$23.360	\$14.400	
Gesamtbetriebskosten im Zeitraum von 10 Jahren	\$43.360	\$20.400	Einschließlich Stromversorgungs- und Kühlkapazität der NCPI und Energieverbrauchskosten

Zu beachten ist, dass die bedarfsgerechte Dimensionierung außer den Stromeinsparungen auch Einsparungen an NCPI-Investitions- und Betriebskosten von 1.400 USD pro Jahr und IT-Last bringt, die fast so groß sind wie die Stromeinsparungen. Bei diesen Angaben handelt es sich um potenzielle Einsparungen für ein bestimmtes Beispiel. Die tatsächlichen Einsparungen variieren und sind für nicht redundante Systeme weniger hoch.

Die bedarfsgerechte Dimensionierung bietet das Potenzial, die Leistungsaufnahme in realen Installationen um bis zu 50 % zu verringern. Der enorme wirtschaftliche Nutzen durch die bedarfsgerechte Dimensionierung ist einer der Hauptgründe dafür, warum in der Branche in zunehmendem Maße modulare, skalierbare NCPI-Lösungen bevorzugt werden.

Energie sparendes Systemdesign

Viele Benutzer gehen davon aus, dass die Leistungsaufnahme eines Systems von der Effizienz der einzelnen Komponenten bestimmt wird und es aus diesem Grund am Wichtigsten ist, den Fokus auf die Effizienz der einzelnen Geräte zu richten. Diese Annahme ist keineswegs zutreffend. Das Systemdesign hat einen extrem großen Einfluss auf den Stromverbrauch eines Datacenters. So können für zwei Datacenter, die über die gleichen Geräte verfügen, erheblich unterschiedliche Stromrechnungen anfallen. Aus diesem Grund ist das Systemdesign sogar noch wichtiger als die Wahl der Stromversorgungs- und Kühlungsgeräte, um die Effizienz eines Datacenters zu bestimmen.

Nachstehend werden Beispiele für Systemdesign-Probleme aufgeführt, durch die die Effizienz eines Datacenters auf einen niedrigeren Wert verringert wird als durch die Summierung der Verluste der einzelnen Teile zu erwarten wäre:

- Stromverteiler und/oder Transformatoren arbeiten weit unter Volllastkapazität.
- Klimaanlage arbeiten mit niedrigen Ausgangstemperaturen und entfeuchten kontinuierlich die Luft, die mithilfe eines Luftbefeuchters kontinuierlich wieder befeuchtet werden muss.
- Klimaanlage, die heizen, während andere Klimaanlage im selben Raum kühlen.
- Klimaanlage, die übermäßig viel Energie verbrauchen müssen, um Luft gegen hohen Druck über lange Strecken zu befördern.
- Klimaanlage, die mit einer viel niedrigeren Rücklufttemperatur als die Ablufttemperatur der IT-Geräte arbeiten, sodass ihr Betrieb bei reduzierter Effizienz und Kapazität erfolgt.
- Kühlungspumpen, deren Durchflussmenge über Drosselventile eingestellt wird, was die Pumpeneffizienz drastisch reduziert.

Zu beachten ist, dass diese Liste hauptsächlich Design-Probleme im Zusammenhang mit Klimaanlage umfasst. Tatsächlich stehen die meisten unzureichenden Design-Praktiken, durch die Strom verschwendet wird, mit Klimaanlage in Zusammenhang, denn die Stromversorgungsarchitekturen sind in höherem Maße standardisiert und es können daher weniger designbasierte Fehler auftreten.

Die in der obigen kurzen Liste aufgeführten Probleme führen üblicherweise dazu, dass Datacenter **doppelt so viel** NCPI-Energie verbrauchen als notwendig wäre. Diese Probleme können jedoch mit geringen oder keinen Kosten durch einfache Design-Entscheidungen vermieden werden. Es gibt zwei Möglichkeiten, diese Probleme zu vermeiden:

- 1) Das Design muss technisch einwandfrei und geprüft sein, um die obigen Probleme zu vermeiden. Dies schließt eine umfassende CFD (Computational Fluid Dynamics)-Modellierung sowie umfassende Tests der Inbetriebnahme mit ein. ODER
- 2) Es muss ein komplettes NCPI-System auf Grundlage eines standardisierten Designs verwendet werden, das aus werkseitig vorgefertigten und vorgetesteten Modulen besteht, die so ausgelegt sind, dass die obigen Probleme vermieden werden.

Aufgrund der extrem hohen Kosten und Variabilität der ersten Vorgehensweise, wird die zweite der oben angeführten Alternativen die zukünftige Standardvorgehensweise für die Spezifikation und Implementierung von Datacenters werden.

Verwendung von effizienten NCPI-Geräten

Die Wahl der NCPI-Geräte, wie z. B. Stromversorgungs- und Kühlungssysteme, hat zwar einen weniger großen Einfluss auf den Stromverbrauch des Gesamtsystems als die IT-Architektur, dennoch ist die bedarfsgerechte NCPI-Dimensionierung bzw. das NCPI-Systemdesign ein wichtiges Element bei der Planung eines Energie sparenden Datacenters.

Die elektrischen Verluste bei NCPI-Komponenten desselben Typs, die unter gleichen Bedingungen betrieben werden, können erheblich variieren. So wurde beispielsweise in einer Veröffentlichung des US Electric Power Research Institute im Dezember 2005 festgestellt, dass bei unterschiedlichen USV-Systemen, die bei einer Auslastung von 30 % der Nennleistung betrieben wurden, die Verluste von 4 % bis 22 % variierten, was einer Varianz von 500 % entspricht. Es ist wichtig zu beachten, dass diese Varianz nicht anhand der Spezifikationsblätter für diese Produkte ermittelt werden kann. Die vorliegende technische Dokumentation und weitere technische Dokumentationen (White Paper) von APC zeigen klar auf, dass die elektrischen Verluste in realen Anwendungen nur dann korrekt vorherbestimmt werden, wenn die entsprechenden Modelle verwendet werden, und dass die üblichen Herstellerangaben nicht geeignet sind, um quantitative Vorhersagen zum Stromverbrauch eines Datacenters zu treffen. Ein Beispiel für die richtige Vorgehensweise zum Vergleich des Stromverbrauchs von zwei NCPI-Geräten ist in APC White Paper Nr. 108, „Steigerung der Effizienz großer USV-Systeme“, enthalten.

Praktische Strategien zur Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs

Im vorliegenden Dokument wurde aufgezeigt, wie wichtig und umfassend das Problem des Stromverbrauchs ist, und es wurden mehrere Strategien zur Reduktion des Verbrauchs angeführt. Bei Kombination der Vorgehensweisen können sich die potenziellen Einsparungen summieren, vorausgesetzt, ein Datacenter ist für die Reduktion des Stromverbrauchs gegenüber einem typischen Design optimiert.

In **Tabelle 5** sind 10 wirksame Strategien zur Reduktion des Stromverbrauchs aufgeführt, zusammen mit den Einsparungen, die gegenüber typischen Datacenters erreicht werden können. Es handelt sich dabei um wirksame Strategien für neue Datacenter, wobei einige davon auch sofort oder mit der Zeit in bestehenden Datacenters umgesetzt werden können.

**Tabelle 5 – Praktische Strategien zur Reduktion des Stromverbrauchs von Datacentern
mit Angabe der erreichbaren Stromeinsparungen**

	Einsparungen	Hinweise	Einschränkungen
Bedarfsgerechte Dimensionierung der NCPI	10 – 30%	Verwendung einer modularen, skalierbaren Stromversorgungs- und Kühlungsarchitektur Bei redundanten Systemen sind die Einsparungen größer	Für neue Designs und einige Erweiterungen Schwer nachrüstbar
Server-Virtualisierung	10 – 40%	Technisch keine physische Infrastrukturlösung, jedoch sehr wirkungsvoll Umfasst die Konsolidierung von Anwendungen auf weniger Servern, vorzugsweise Blade-Server. Gibt außerdem Stromversorgungs- und Kühlkapazität für Erweiterungen frei	Erfordert große IT-Prozessänderungen Um Einsparungen in einer bestehenden Anlage zu erreichen, müssen möglicherweise einige Stromversorgungs- und Kühlungsgeräte abgeschaltet werden
Effizientere Klimatisierungsarchitektur	7 – 15%	Die reihenbasierte Kühlungsarchitektur bietet eine größere Effizienz bei hoher Leistungsdichte (APC White Paper Nr. 130) Kürzere Luftströmungswege erfordern weniger Lüfterleistung Höhere CRAC (Serverraumklimaanlagen) Zuluft- und Rücklufttemperaturen bewirken eine höhere Effizienz und Kapazität und verhindern die Luftentfeuchtung, wodurch die Entfeuchungskosten erheblich reduziert werden	Für neue Designs Die Vorteile sind auf Designs mit hoher Dichte beschränkt
Energiesparmodi bei Klimaanlagen	4 – 15%	Viele Klimaanlagen verfügen über Energiesparoptionen Je nach geografischem Standort kann dies erhebliche Energieeinsparungen bringen Einige Datacenter verfügen über Klimaanlagen mit Energiesparmodi, jedoch ist der Energiespar-Betrieb deaktiviert	Für neue Designs Schwer nachrüstbar
Effizientere Grundrissnutzung	5 – 12%	Die Grundrissnutzung hat einen großen Einfluss auf die Effizienz der Klimaanlagen Umfasst die Anordnung von kalten und warmen Gängen mit geeigneten Standorten für die Klimaanlagen (APC White Paper Nr. 122)	Für neue Designs und Erweiterungen Schwer nachrüstbar

	Einsparungen	Hinweise	Einschränkungen
Effizientere Stromversorgungssysteme	4 – 10%	<p>Neue hervorragende USV-Systeme weisen bei typischer Auslastung 70 % weniger Verluste auf als herkömmliche USV-Systeme</p> <p>Die Effizienz bei niedriger Auslastung ist der wichtigste Parameter, NICHT die Effizienz bei voller Auslastung</p> <p>ZU BEACHTEN: USV-Verluste müssen gekühlt werden, was ihre Kosten verdoppelt</p>	Für neue Designs oder Modernisierungen
Koordinierung von Klimaanlage	0 – 10%	<p>Viele Datacenter verfügen über mehrere Klimaanlage, die in Konflikt zueinander stehen</p> <p>Eine Klimaanlage heizt möglicherweise, eine andere dagegen kühlt</p> <p>Eine Klimaanlage entfeuchtet möglicherweise die Luft, eine andere dagegen befeuchtet die Luft</p> <p>Das Ergebnis ist grobe Verschwendung</p> <p>Die Diagnose kann eine professionelle Bewertung erfordern</p>	Für Datacenter mit mehreren Klimaanlage
Korrekte Positionierung von Bodenbelüftungsplatten	1 – 6%	<p>Im typischen Datacenter sind Bodenbelüftungsplatten häufig nicht richtig positioniert oder nicht in der richtigen Anzahl vorhanden</p> <p>Die richtige Positionierung kann NICHT einfach intuitiv bestimmt werden</p> <p>Eine professionelle Bewertung kann ein optimales Ergebnis sicherstellen</p> <p>Nebeneffekt: Weniger Hotspots</p>	<p>Nur für Datacenter mit Doppelboden</p> <p>Nicht aufwändig, erfordert jedoch professionellen Rat, um ein optimales Ergebnis zu erreichen</p>
Installation von Energiesparender Beleuchtung	1 – 3%	<p>Ausschalten eines Teils oder der gesamten Beleuchtung nach Tageszeit oder Bewegung</p> <p>Verwendung von Energie sparender Beleuchtungstechnologie</p> <p>ZU BEACHTEN: Auch die Beleuchtungsleistung muss gekühlt werden, was die Kosten verdoppelt</p> <p>Der Nutzen ist bei Datacentern niedriger Dichte oder teilweise gefüllten Datacentern größer</p>	Kann für die meisten Datacenter Vorteile bringen

	Einsparungen	Hinweise	Einschränkungen
Installation von Blindblenden	1 – 2%	Verringert die Servereingangstemperatur Bringt außerdem Energieeinsparungen durch Erhöhung der CRAC-Rücklufttemperatur Kostengünstig und einfach durch die neuen Abdeckblenden für leichten Einbau (z. B. von APC)	Für jedes Datacenter geeignet, gleichgültig ob alt oder neu

Tabelle 5 oben gibt einen Überblick über einige der wirksamsten praktischen Möglichkeiten zur Reduktion des elektrischen Energieverbrauchs von Datacentern. Die Werte für die Reduktion des Energieverbrauchs sind Schätzwerte, die mithilfe von Energieberechnungen nach APC White Paper Nr. 113 (weiter oben in diesem Dokument angeführt) ermittelt und auf eine Reihe von Datacenter-Designs angewendet wurden. Außer den in dieser Liste enthaltenen Möglichkeiten gibt es weitere komplexe Strategien, die weiter oben in diesem Dokument erwähnt wurden.

Einige der oben beschriebenen Einsparungsoptionen können in von Herstellern gelieferten Geräte integriert werden, die Mehrzahl hängt jedoch vom Systemdesign und der Installation ab. Einige Hersteller bieten werkseitig vorgefertigte, standardisierte Systemdesigns an, die optimiert sind und auf Hochleistung geprüft wurden. Informationen hierzu erhalten Sie bei Ihrem Fachhändler. Im Hinblick auf Benutzer mit bestehenden Anlagen, die den Stromverbrauchs reduzieren möchten, können Kunden versuchen, die weiter oben angegebenen Hinweise umzusetzen. Darüber hinaus bieten einige Hersteller, wie z. B. APC, einen Data Center Energy Efficiency Assessment Service an, der speziell für Datacenter konzipierte Spezialwerkzeuge und -methoden verwendet.

Ergebnisse

Die Stromkosten für Datacenter sind erhebliche Betriebskosten, die unter Kontrolle gehalten werden können und sollten. Ein Datacenter, das für reduzierten Stromverbrauch ausgelegt ist, ermöglicht auch die Einsparung anderer Kosten, wie z. B. Investitions- und Betriebskosten in Verbindung mit Stromversorgungs- und Kühlungs-systemen, sowie die Einsparung von Stellfläche.

Der Stromverbrauch bestehender Datacenter kann durch verschiedene kostengünstige Methoden reduziert werden, in erster Linie jedoch durch die Migration auf Energie sparende Computing-Plattformen. Für neue Datacenter gibt es im Hinblick auf die IT-Architektur sowie die NCPI-Architektur zusätzliche Optionen, die noch größere Einsparungen bringen können.

Die elektrische Leistungsaufnahme verteilt sich in der Regel gleichmäßig auf die IT-Lasten und die NCPI-Komponenten. Jeder vernünftige Ansatz zur Reduktion des Stromverbrauchs muss das kombinierte IT/NCPI-Design als ein einzelnes System behandeln, um maximalen Nutzen zu erreichen.

Einige Gerätehersteller bieten umfassende standardisierte Datacenter-Designs an, die speziell auf Effizienz ausgelegt sind. Und für Benutzer, die die Leistungsaufnahme in einem bestehenden Datacenter reduzieren möchten, stehen Energiespar-Auditservices zur Verfügung.

Es wurde aufgezeigt, dass es viele Möglichkeiten zur Kosteneinsparung gibt, **und dass die erforderlichen Investitionen zu ihrer Erreichung nicht groß oder in einigen Fällen sogar gleich null sind** gegenüber herkömmlichen Ansätzen des Datacenter-Designs.

Über den Autor:

Neil Rasmussen ist einer der Gründer und Chief Technical Officer von American Power Conversion. Bei APC arbeitet Neil Rasmussen mit dem weltgrößten F&E-Budget für die Stromversorgungs-, Kühlungs- und Rack-Infrastruktur kritischer Netzwerke. Die wichtigsten Produktentwicklungszentren befinden sich in Massachusetts, Missouri, Rhode Island, Taiwan, Dänemark und Irland. Zurzeit leitet er die APC-Initiative zur Entwicklung von modularen, skalierbaren Lösungen für die Datacenter-Infrastruktur und zeichnet als Hauptarchitekt verantwortlich für die Entwicklung des InfraStruXure-Systems von APC.

Vor der Gründung von APC im Jahre 1981 graduierte Neil Rasmussen am MIT zum Bachelor und Master in Elektrotechnik. Hier veröffentlichte er auch seine Dissertation zur Analyse einer 200 MW-Stromversorgung des Tokamak-Fusionsreaktors. Von 1979 bis 1981 arbeitete er bei den MIT Lincoln Laboratories an der Entwicklung von Schwungrad-Energiespeichersystemen und Solarstromsystemen.