

## *Energy Logic:*

*Reduzierung des Energieverbrauchs  
im Rechenzentrum durch die Realisierung  
von Einsparungen über eine Vielzahl von Systemen hinweg*

## Executive Summary

Zahlreiche Verbände, Beratungsunternehmen und Hersteller setzen sich für gezielte Best Practices zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Rechenzentrum ein. Diese Practices umfassen alle Aspekte von der Gebäudebeleuchtung bis hin zur Auslegung der Kühlsysteme und haben sich bereits vielfach in der Praxis bewährt – zahlreiche Unternehmen konnten so den Anstieg des Energiebedarfs im Rechenzentrum eindämmen oder sogar umkehren. Den meisten Unternehmen fehlt es aber an einem geschlossenen, ganzheitlichen Konzept für die Senkung des Energieverbrauchs im Rechenzentrum.

Emerson Network Power hat die potenziellen Möglichkeiten für die Realisierung von Energieeinsparungen analysiert und die zehn wichtigsten Maßnahmen identifiziert. Diese zehn Maßnahmen wurden in einem Modellrechenzentrum mit einer Fläche von 465 m<sup>2</sup> implementiert und anhand solcher Technologien und Betriebsparameter getestet, die auch in der Praxis zum Einsatz kommen. Mit dem Modell konnte Emerson Network Power das Einsparpotenzial der einzelnen Maßnahmen auf Systemebene quantifizieren und ermitteln, in welchem Maße sich die Einsparungen auf einem System auf den Verbrauch anderer unterstützender Systeme auswirken.

Das Modell zeigt, dass die Energieeinsparungen beim IT-Equipment die größten Auswirkungen auf den Gesamtverbrauch haben, da sie über eine Vielzahl von Systemen hinweg realisiert werden können (Kaskadeneffekt). Im Ergebnis dieser Erkenntnis entstand Energy Logic – eine herstellernerneutrale Roadmap für die Optimierung der Energieeffizienz im Rechenzentrum, die zunächst beim IT-Equipment ansetzt und anschließend mit der Support-Infrastruktur fortfährt. In diesem Dokument wird verdeutlicht, dass der Energieverbrauch im Rechenzentrum mit Energy Logic um 50 Prozent oder mehr gesenkt werden kann – und zwar ohne Abstriche bei der Performance oder Verfügbarkeit.

Dieses Konzept bietet außerdem einen weiteren großen Vorteil. Damit können die wichtigsten Einschränkungen in den drei größten Problembereichen, vor denen Rechenzentrumsmanager heute stehen, eliminiert werden: Stromversorgung, Kühlung und Stellfläche. Im Modellversuch konnte mit den 10 Strategien von Energy Logic der Platzbedarf um zwei Drittel reduziert werden. Die benötigten USV-Kapazitäten wurden um ein Drittel und die Kapazitäten für die Präzisionskühlung um 40 Prozent gesenkt.

Alle Technologien, die beim Energy Logic-Konzept eingesetzt werden, sind bereits heute verfügbar. Und viele davon können ganz einfach im Rahmen regulärer Technologie-Upgrades/-Refreshes im Rechenzentrum implementiert werden. Der Kostenaufwand wird so drastisch reduziert.

Im Modellversuch wurden zudem Schwachstellen bei vorhandenen Technologien ermittelt, die einer weiteren Senkung des Energieverbrauchs im Wege stehen. Das Modell hilft den Unternehmen, die richtigen Entscheidungen im Hinblick auf die für ein bestimmtes Rechenzentrum am besten geeigneten Technologien zu treffen.

## Einleitung

Bedingt durch den Doppeleffekt aus dem wachsenden Energieverbrauch im Rechenzentrum und den steigenden Energiekosten kommt der Rechenzentrumseffizienz eine zunehmend größere Bedeutung als Strategie für Kostenreduzierungen, Kapazitätsmanagement und Umweltverantwortung zu.

Der Energieverbrauch im Rechenzentrum wird durch die in nahezu jedem Unternehmen zu beobachtende Nachfrage nach mehr Rechenkapazitäten und einer verstärkten IT-Zentralisierung bestimmt. Parallel zu dieser Entwicklung stiegen die Energiepreise zwischen 2002 und 2006 um 56 Prozent an.

Die finanziellen Auswirkungen sind signifikant: Schätzungen gehen davon aus, dass dadurch für die Rechenzentren in den USA jährliche Mehrkosten in Höhe von \$3,3 Mrd. entstehen.

Dieser Trend wirkt sich auch auf die Rechenzentrumskapazität aus. Laut einer im Herbst 2007 durchgeführten Umfrage der Data Center Users Group (DCUG®) – einer einflussreichen Gruppe von Rechenzentrumsmanagern – gelten bei 46 Prozent aller Befragten die Einschränkungen im Hinblick auf die Stromversorgung mehr als alle anderen Faktoren als Haupthindernis für das Wachstum.

Neben finanziellen und kapazitätsspezifischen Aspekten ist der Energieverbrauch im Rechenzentrum heute eine Top-Priorität für Unternehmen, die mehr Umweltbewusstsein demonstrieren möchten.

Es besteht Einigkeit darin, dass Verbesserungen bei der Rechenzentrumseffizienz möglich sind.

In einem Bericht für den US-Kongress kam die Umweltschutzagentur (EPA) der USA zu dem Ergebnis, dass durch den Einsatz von

Best Practices der Energieverbrauch im Rechenzentrum bis zum Jahr 2011 um 50 Prozent gesenkt werden kann.

Der EPA-Bericht enthielt eine Liste der zehn wichtigsten Best Practices für die Realisierung von Energieeinsparungen, die vom Lawrence Berkeley National Lab identifiziert wurden. Andere Unternehmen, darunter auch Emerson Network Power, haben ähnliche Informationen veröffentlicht. Und manche der Best Practices werden nachweislich von den Unternehmen in der Praxis übernommen.

In ihrer Frühjahrsumfrage 2007 kam die DCUG zu dem Ergebnis, dass 77 Prozent der Befragten ihr Rechenzentrum bereits auf eine sogenannte Warmgang-/Kaltgang-Konfiguration umgestellt haben, um so die Effizienz des Kühlsystems zu erhöhen. 65 Prozent der Befragten verwenden Blindplatten zur Minimierung der Rückführung von erwärmter Luft. Und 56 Prozent haben den Boden versiegelt, um Kühlverluste zu vermeiden.

Zwar wurden in der Vergangenheit Fortschritte erzielt, doch es fehlt immer noch an einer objektiven, herstellereutralen Bewertung des Effizienzpotenzials, das innerhalb des gesamten Spektrums von Rechenzentrumssystemen vorhanden ist. Für Rechenzentrumsmanager ist es daher äußerst schwierig, Effizienzinitiativen zu priorisieren und Best Practices auf das Equipment und die operativen Abläufe im Rechenzentrum anzuwenden.

Mit diesem Dokument wird diese Lücke geschlossen. Es wird ein ganzheitliches Bild für die Realisierung von Energieeinsparungen vermittelt – basierend auf einer quantitativen Analyse, die eine Senkung des Energieverbrauchs im Rechenzentrum um 50 Prozent oder mehr ermöglicht.

*Der Energieverbrauch im Rechenzentrum wird durch die in nahezu jedem Unternehmen zu beobachtende Nachfrage nach mehr Rechenkapazitäten und einer verstärkten IT-Zentralisierung bestimmt.*

*Die Unterscheidung zwischen dem Energieverbrauch auf der Abnehmerseite (Demand) und der Bereitstellungsseite (Supply) ist richtig und wichtig, da eine Reduzierung des Energieverbrauchs auf der Abnehmerseite weitreichende Auswirkungen auf die gesamte Bereitstellungsseite hat.*

## Energieverbrauch im Rechenzentrum

Bei der Priorisierung der Möglichkeiten für Energieeinsparungen wurde zunächst der Energieverbrauch des Rechenzentrums eingehend analysiert.

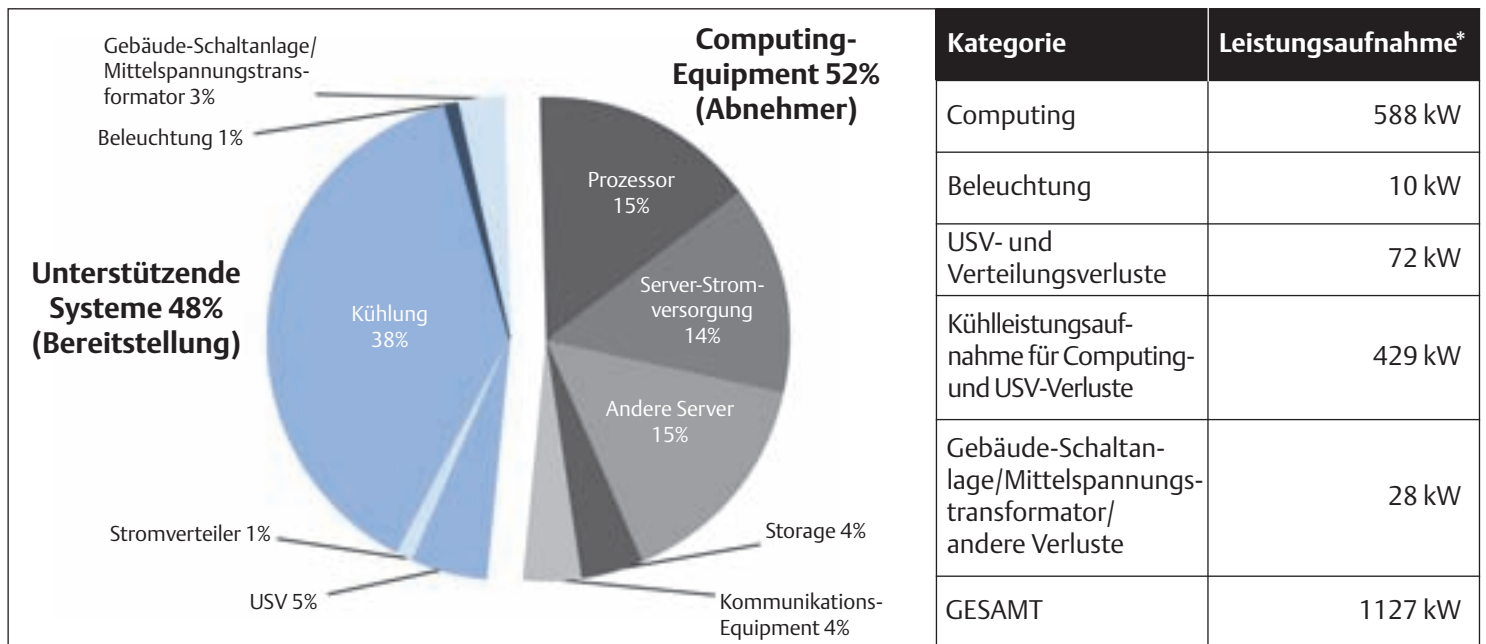
Emerson Network Power hat den Energieverbrauch für ein typisches Rechenzentrum mit einer Größe von 465 m<sup>2</sup> modelliert (Abbildung 1) und untersucht, wie die Energie innerhalb dieser Einrichtung genutzt wird. Dabei wurde zwischen dem Energieverbrauch auf der „Abnehmerseite“ und dem Verbrauch auf der „Bereitstellungsseite“ unterschieden.

Zu den Systemen auf der Abnehmerseite gehören Server, Storage-Systeme, Kommunikationseinrichtungen und andere für das Geschäft wichtige IT-Systeme. Die Systeme auf der Bereitstellungsseite dienen der Unterstützung der Abnehmerseite.

Bei dieser Analyse haben die Systeme auf der Abnehmerseite – z. B. Prozessoren, Netzteile und andere Serverkomponenten sowie Storage- und Kommunikations-Equipment – einen Anteil von 52 Prozent am Gesamtverbrauch. Der Anteil der Systeme auf der Bereitstellungsseite – also USV's, Stromverteiler, Kühlung, Beleuchtung und Gebäudeschaltanlagen – beträgt 48 Prozent.

Informationen über das im Rechenzentrum und innerhalb der Infrastruktur verwendete Equipment und über die Betriebsparameter, auf deren Basis die Analyse durchgeführt wurde, werden in der Anlage A bereitgestellt. Beachten Sie, dass bedingt durch die Unterschiede zwischen einzelnen Rechenzentren die Einsparpotenziale in den jeweiligen Einrichtungen voneinander abweichen können. Doch diese Analyse bietet zumindest einen Anhaltspunkt über die Größenordnung der Energieeinsparungen, die mit den entsprechenden Strategien im Rechenzentrum erzielt werden können.

Die Unterscheidung zwischen dem Energieverbrauch auf der Abnehmerseite (Demand) und der Bereitstellungsseite (Supply) ist richtig und wichtig, da eine Reduzierung des Energieverbrauchs auf der Abnehmerseite weitreichende Auswirkungen auf die gesamte Bereitstellungsseite hat.



**Abbildung 1.** Die Analyse des Energieverbrauchs in einem typischen Rechenzentrum mit einer Größe von 465 m<sup>2</sup> zeigt, dass der Anteil des Computing-Equipments auf der Abnehmerseite 52 Prozent und der Anteil der Systeme auf der Bereitstellungsseite 48 Prozent beträgt.

\* Diese Zahl steht für die durchschnittliche Leistungsaufnahme (kW). Der tägliche Energieverbrauch (kWh) kann ermittelt werden, indem die Leistungsaufnahme mit 24 multipliziert wird.

Zum Beispiel führt in dem 465 m<sup>2</sup> großen Rechenzentrum, in dem die Analyse durchgeführt wurde, eine Senkung des Verbrauchs um 1 Watt im Bereich der Serverkomponenten (Prozessor, Speicher, Festplatte usw.) zu einer zusätzlichen Einsparung von 1,84 Watt bei den Netzteilen, den Stromverteilern, dem USV-System, der Kühlanlage und der Gebäude-Stromeinspeisungsschaltanlage sowie beim Mittelspannungstransformator (Abbildung 2).

Das heißt, dass jedes auf Prozessorebene eingesparte Watt eine Gesamteinsparung von 2,84 Watt für die gesamte Einrichtung bedeutet.

**Der erste Schritt im Energy Logic-Konzept ist die Definition von Richtlinien für die Beschaffung von IT-Equipment, um so die Vorteile von verbrauchsarmen Prozessoren und hocheffizienten Netzteilen nutzen zu können.**

## Das Energy Logic-Konzept

Energy Logic verfolgt einen stufenweisen Ansatz für die Reduzierung der Energiekosten. Dabei werden die 10 vielversprechendsten Technologien und Best Practices in der Reihenfolge angewandt, in der sie den größten Nutzen bringen.

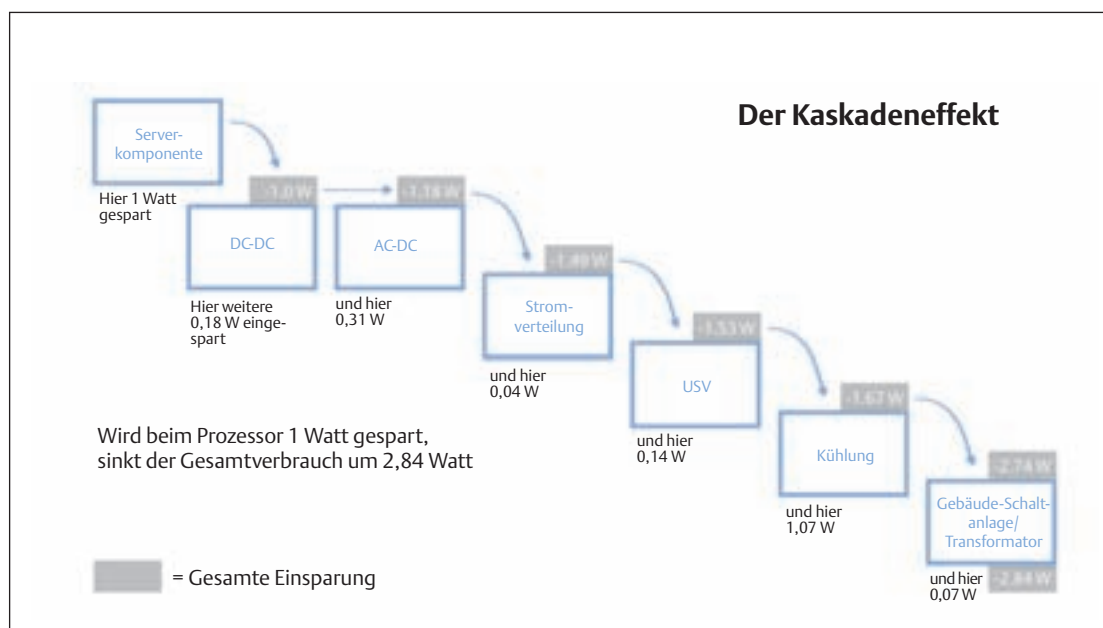
Die Reihenfolge ist zwar wichtig, doch Energy Logic ist nicht als Schritt-für-Schritt-Konzept zu verstehen. Das heißt also nicht, dass ein Schritt erst dann durchgeführt werden kann, wenn der jeweils vorherige Schritt abgeschlossen ist. Die Maßnahmen für die Realisierung von Energieeinsparungen, die im Energy Logic-Konzept enthalten sind, sollten als unverbindliche Richtschnur betrachtet werden. Viele Unternehmen haben bereits zum Ende einer bestimmten Phase Maßnahmen ergriffen oder müssen Technologien implementieren, die nicht für die Phase vorgesehen sind, um damit vorhandene Wachstumshemmnisse zu beseitigen.

Der erste Schritt im Energy Logic-Konzept ist die Definition von Richtlinien für die Beschaffung von IT-Equipment, um so die Vorteile von verbrauchsarmen Prozessoren und hocheffizienten Netzteilen nutzen zu können.

Da diese Technologien an neues Equipment geknüpft sind, werden ineffiziente Server ausrangiert und durch effizientere Systeme ersetzt. Auf diese Weise wird ein solides Fundament für ein energieoptimiertes Rechenzentrum geschaffen.

Mit Power-Management-Software für die Energieverwaltung können die Energiekosten nachhaltig gesenkt werden. Sie sollte daher Teil jeder Energieoptimierungsstrategie sein. Das gilt insbesondere für Rechenzentren, in denen große Unterschiede zwischen Spitzenauslastung und durchschnittlicher Auslastung bestehen. In manchen Einrichtungen entscheidet man sich aber mitunter gegen das Power-Management, da eine Beeinträchtigung der Reaktionszeiten befürchtet wird. Innerhalb der Branche besteht die Möglichkeit, das Power-Management nachhaltig zu verbessern und es als leistungsfähiges Werkzeug für die Eindämmung des Energieverbrauchs einzusetzen.

**Abbildung 2.** Durch den Kaskadeneffekt wird bei einer Einsparung von 1 Watt auf Ebene der Serverkomponenten der Gesamtenergieverbrauch der Einrichtung um 2,84 Watt gesenkt.



Der nächste Schritt umfasst IT-Projekte, die nicht aus Effizienzgründen gestartet wurden, die aber Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben. Das betrifft:

- Blade-Server
- Server-Virtualisierung

Diese Technologien entstanden als „Best Practices“ für das Rechenzentrumsmanagement und spielen eine wichtige Rolle bei der Optimierung der Effizienz, Performance und Manageability des Rechenzentrums.

Nachdem die Richtlinien und Pläne für die Optimierung der IT-Systeme umgesetzt wurden, verlagert sich der Fokus zu den Systemen auf der Bereitstellungsseite. Zu den effizientesten Maßnahmen und Mitteln für die Infrastrukturoptimierung gehören:

- Best Practices für die Kühlung
- Stromverteilung mit 415 V AC
- Kühlung mit variabler Kapazität
- Ablaufkühlung
- Überwachung und Optimierung

Emerson Network Power hat die Einsparungen quantifiziert, die mit diesen Maßnahmen erreicht werden können – sowohl einzeln als auch als Bestandteil der Energy Logic-Sequenz (Abbildung 3). Beachten Sie, dass die Einsparungen bei den Systemen auf der Bereitstellungsseite geringer erscheinen, wenn sie im Energy Logic-Kontext betrachtet werden, da diese Systeme jetzt nur noch eine geringere Last unterstützen müssen.

### **Reduzierung des Energieverbrauchs und Eliminierung der Wachstumshemmnisse**

Durch die Anwendung des Energy Logic-Konzepts im Modellrechenzentrum konnte der Energieverbrauch um 52 Prozent gesenkt werden – ohne Einbußen bei der Performance oder der Verfügbarkeit.

Im unoptimierten Zustand stellte das Modellrechenzentrum, das für die Entwicklung des Energy Logic-Konzepts genutzt wurde, für die Rechenlast insgesamt 529 kW und für die Gesamteinrichtung insgesamt 1127 kW bereit. Durch die hier beschriebenen Optimierungsstrategien konnte die Einrichtung so umgestaltet werden, dass bei identischer Performance weniger Energie und Platz benötigt wird. Die gesamte für die Rechenlast bereitgestellte Leistung wurde auf 367 kW reduziert. Gleichzeitig wurde die Rack-Dichte von 2,9 kW auf 6,1 kW pro Rack erhöht.

Dadurch wurde die Anzahl der für die Unterstützung der Rechenlast benötigten Racks von 210 auf 60 gesenkt. Zudem wurden die Wachstumshemmnisse im Hinblick auf Stromversorgung, Kühlung und Platzbedarf beseitigt (Abbildung 4).

Der Gesamtenergieverbrauch wurde auf 542 kW reduziert. Außerdem wurde der Gesamtplatzbedarf für die Unterbringung des IT-Equipments um 65 Prozent verringert (Abbildung 5).

Energy Logic eignet sich für jedes Rechenzentrum. Jedoch richtet sich die konkrete Abfolge der Maßnahmen nach dem Typ der jeweiligen Einrichtung. Einrichtungen, in denen 24 Stunden am Tag eine hohe Auslastung herrscht, konzentrieren sich zunächst auf die Beschaffung von IT-Equipment mit verbrauchsarmen Prozessoren und hocheffizienten Netzteilen. Einrichtungen, in denen die Auslastung lediglich in vorhersehbaren Spitzenzeiten hoch ist, können mit Power-Management-Technologien den größten Nutzen erzielen. In Abbildung 6 wird dargestellt, welchen Einfluss Rechenlast und Betriebscharakteristik auf die Prioritäten haben.

**Die für das IT-Equipment benötigte Gesamtstellfläche wurde um 65 Prozent reduziert.**

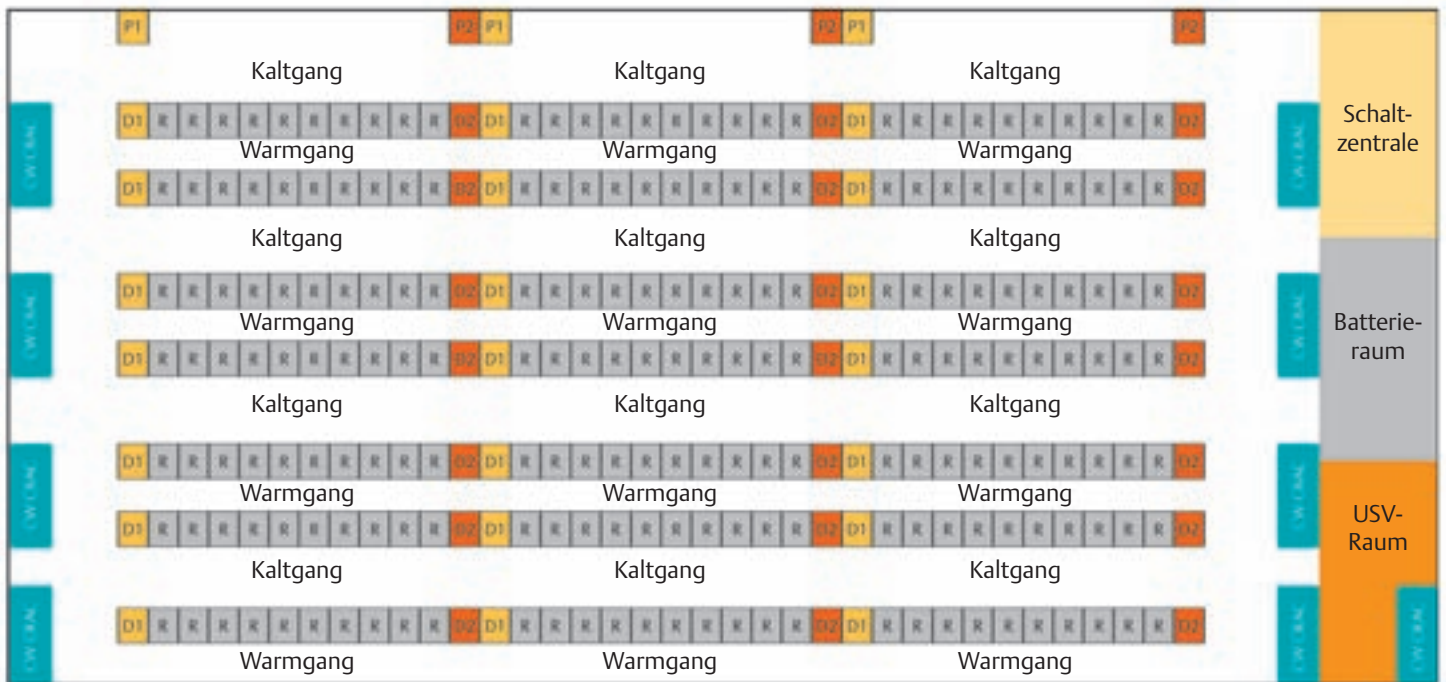
Energiesparmaßnahme	Einsparungen unabhängig von anderen Maßnahmen		Energy Logic-Einsparungen mit dem Kaskadeneffekt			ROI
	Einsparungen (kW)	Einsparungen (%)	Einsparungen (kW)	Einsparungen (%)	Gesamte Einsparungen (kW)	
Verbrauchsarme Prozessoren	111	10%	111	10%	111	12 bis 18 Mo.
Hocheffiziente Netzteile	141	12%	124	11%	235	5 bis 7 Mo.
Power-Management-Funktionen	125	11%	86	8%	321	Sofort
Blade-Server	8	1%	7	1%	328	TCO reduziert 38%*
Server-Virtualisierung	156	14%	86	8%	414	TCO reduziert 63%*
Stromverteilung mit 415 V AC	34	3%	20	2%	434	2 bis 3 Mo.
Best Practices für die Kühlung	24	2%	15	1%	449	4 bis 6 Mo.
Kühlung mit variabler Kapazität: Lüfterantriebe mit variabler Geschwindigkeit	79	7%	49	4%	498	4 bis 10 Mo.
Ablaufkühlung	200	18%	72	6%	570	10 bis 12 Mo.
Überwachung und Optimierung: Kühleinheiten arbeiten als eine Einheit	25	2%	15	1%	585	3 bis 6 Mo.

\* Quelle für Auswirkungen der Blades auf die TCO: IDC \*\* Quelle für Auswirkungen der Virtualisierung auf die TCO: VMware

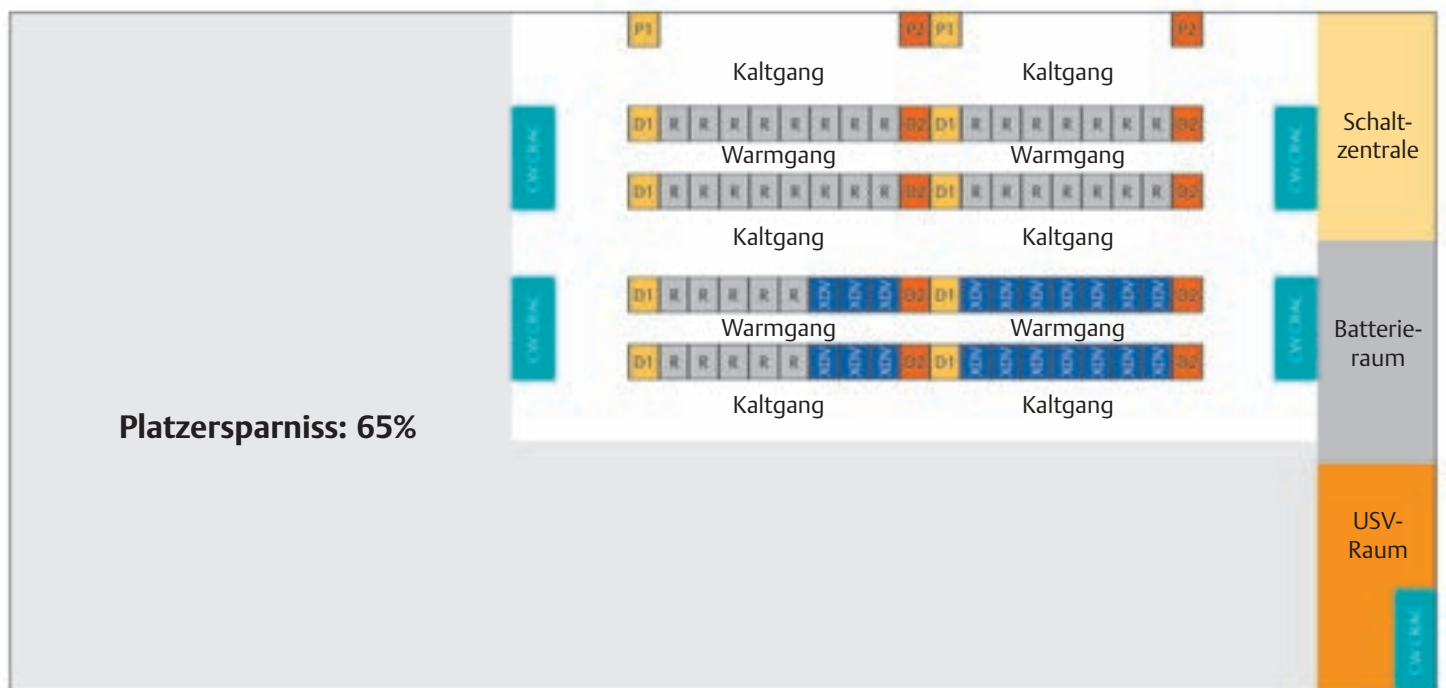
**Abbildung 3. Im Modellrechenzentrum, das eine Fläche von 465 m<sup>2</sup> hat und 1127 kW Strom benötigte, konnte der Energieverbrauch durch die Anwendung der Maßnahmen des Energy Logic-Konzepts um 585 kW reduziert werden.**

Hemmnis	Unoptimiert	Optimiert	Freigesetzte Kapazitäten
Stellfläche im Rechenzentrum (m <sup>2</sup> )	463	164	299 (65%)
USV-Kapazität (kVA)	2 * 750	2 * 500	2 * 250 (33%)
Kapazität der Kühlanlage (Tonnen)	350	200	150 (43%)
Gebäude-Stromeinspeisungsschaltanlagen und Generatoren (Genset) (kW)	1169	620	549 (47%)

**Abbildung 4. Energy Logic beseitigt Wachstumshemmnisse und senkt den Energieverbrauch.**



Vor Energy Logic



Nach Energy Logic

P1 = Phase Eins Verteilung, Seite A

D1 = Phase Zwei Verteilung, Seite A

R = Rack

P2 = Phase Eins Verteilung, Seite B

D2 = Phase Zwei Verteilung, Seite B

XDV = Ablaufkühlmodul

CW CRAC = Klimaanlage mit Kühlwasser für den Computerraum

**Abbildung 5. Das obere Diagramm zeigt das unoptimierte Rechenzentrum. Das untere Diagramm stellt das Rechenzentrum dar, nachdem die Energy Logic-Maßnahmen angewandt wurden. Die für das Rechenzentrums-Equipment benötigte Stellfläche wurde von 463 m<sup>2</sup> auf 164 m<sup>2</sup> reduziert (65 Prozent).**

<b>24-Stunden-Betrieb</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extrem verbrauchsarme Prozessoren</li> <li>2. Hocheffiziente Netzteile</li> <li>3. Blade-Server</li> <li>4. Power-Management</li> </ol>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 10px; border: 1px solid black;"> <b>Best Practices für die Kühlung</b>  <b>Kühlung mit variabler Kapazität</b>  <b>Ablaufkühlung</b>  <b>Verteilung mit 415V AC</b>  <b>Überwachung und Optimierung</b> </div>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Virtualisierung</li> <li>2. Extrem verbrauchsarme Prozessoren</li> <li>3. Hocheffiziente Netzteile</li> <li>4. Power-Management</li> <li>5. Berücksichtigung der Mainframe-Architektur</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Power-Management</li> <li>2. Verbrauchsarme Prozessoren</li> <li>3. Hocheffiziente Netzteile</li> <li>4. Blade-Server</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Virtualisierung</li> <li>2. Power-Management</li> <li>3. Verbrauchsarme Prozessoren</li> <li>4. Hocheffiziente Netzteile</li> </ol>
<b>Betrieb bei Tag</b>			
	<b>I/O-intensiv</b>		<b>Rechenintensiv</b>

**Abbildung 6. Das Energy Logic-Konzept kann an die Rechenlast und die Betriebscharakteristik angepasst werden.**

## Die zehn Energy Logic-Maßnahmen

### 1. Prozessoreffizienz

Bedingt durch das Fehlen einheitlicher Standardkennzahlen für die Prozessoreffizienz – ähnlich wie die vom US-Verkehrsministerium ausgegebenen Kennzahlen für die Kraftstoffeffizienz (Verbrauch pro Meile) – dient die TDP (Thermal Design Power) als Richtschnur für den Stromverbrauch von Servern.

Die typische TDP – also die Leistungsaufnahme – heutiger Prozessoren liegt zwischen 80 und 103 Watt (im Durchschnitt 91 W). Gegen Aufpreis bieten die Prozessorhersteller Versionen mit geringeren Spannungswerten an, die im Schnitt 30 Watt weniger als Standardprozessoren verbrauchen (Abbildung 7). Unabhängige Studien belegen, dass diese Strom sparenden Prozessoren dieselbe Leistung wie Standardprozessoren bieten (Abbildung 8).

In dem für die Analyse verwendeten 465 m<sup>2</sup> großen Modellrechenzentrum ermöglichten die Strom sparenden Prozessoren eine Senkung des Gesamtstromverbrauchs des Rechenzentrums um 10 Prozent.

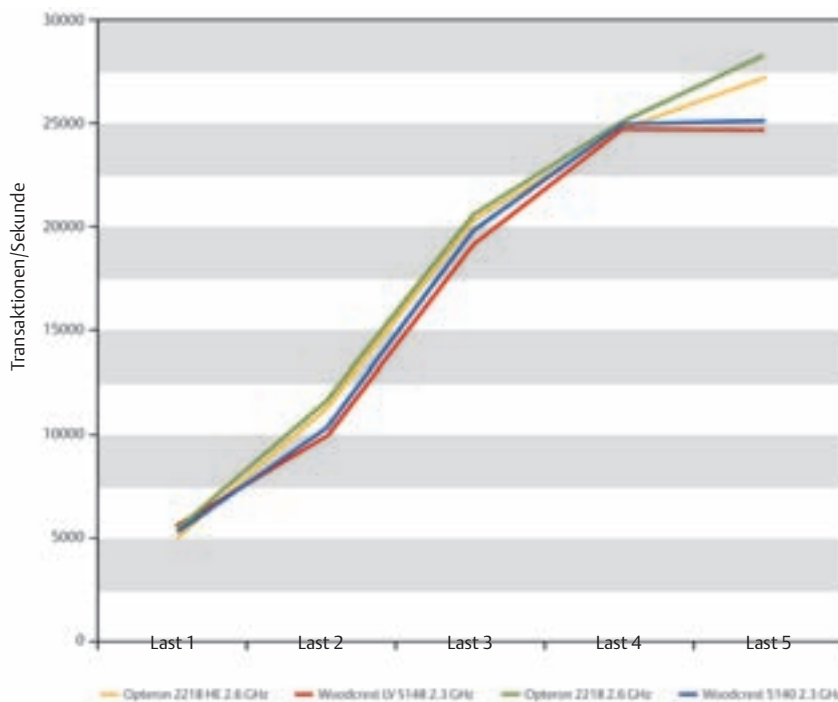
### 2. Netzteile

Wie bei den Prozessoren ist die Effizienz der Servernetzteile niedriger, als es mit heutigen Mitteln möglich wäre. Laut einer Schätzung der Umweltschutzbehörde der USA (EPA) aus dem Jahr 2005 beträgt die durchschnittliche Effizienz der installierten Servernetzteile 72 Prozent. Im Modell gehen wir davon aus, dass im unoptimierten Rechenzentrum Netzteile eingesetzt werden, deren Effizienz im Schnitt bei 79 Prozent liegt – und zwar über einen Mix aus verschiedenen (alten und neuen) Servern hinweg.

	Sockel	Geschwindigkeit (GHz)	Standard	Strom sparend	Differenz
AMD	1	1,8-2,6	103 W	65 W	38 W
	2	1,8-2,6	95 W	68 W	27 W
Intel	2	1,8-2,6	80 W	50 W	30 W

Abbildung 7. Intel und AMD bieten verschiedene Strom sparende Prozessoren an, die durchschnittliche Einsparungen zwischen 27 W und 38 W ermöglichen.

## Systemperformance



Quelle: Anandtech

Abbildung 8. Performanceergebnisse für Systeme mit Standardprozessoren und mit Strom sparenden Modellen ermittelt mit dem AS3AP-Benchmark des American National Standard Institute.

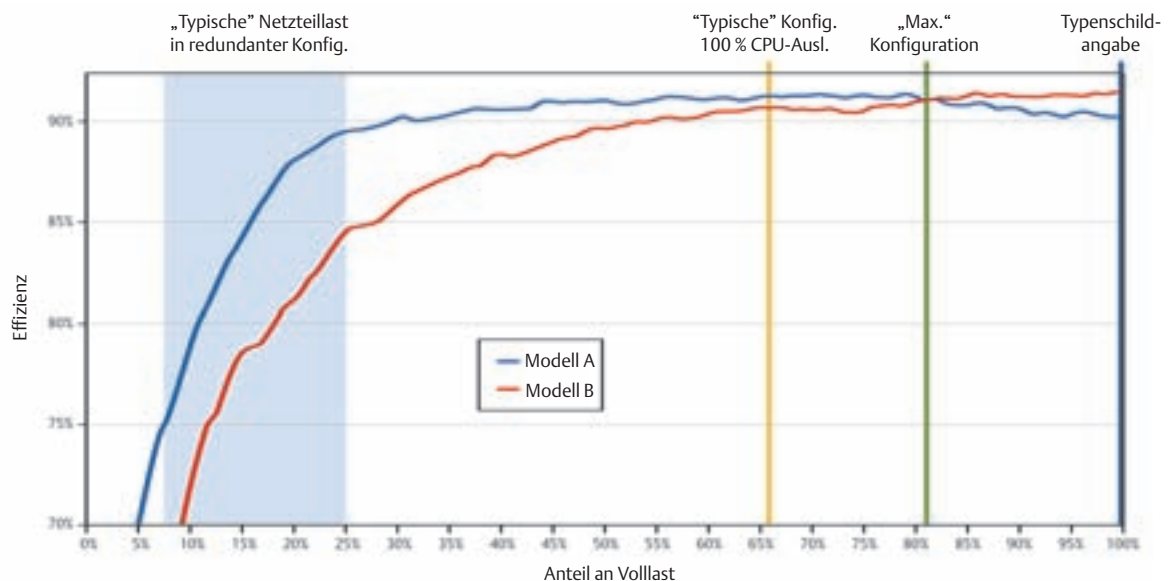
Heute sind optimierte Netzteile mit einer Effizienz von 90 Prozent erhältlich. Durch den Einsatz dieser Netzteile kann die Leistungsaufnahme im Rechenzentrum um 124 kW bzw. 11 Prozent der Gesamtleistungsaufnahme von 1127 kW gesenkt werden.

Wie auch bei anderen Systemen im Rechenzentrum hängt die Effizienz des Servernetzteils von der jeweiligen Lastsituation ab. Manche Netzteile arbeiten besser bei Teillast

als andere, was besonders bei doppelt verkabelten Geräten von Nutzen ist, wo die Auslastung des Netzteils im Schnitt durchaus bei weniger als 30 Prozent liegen kann. In Abbildung 9 wird die Effizienz von Netzteilen in verschiedenen Lastsituationen anhand von zwei Netzteilmodellen dargestellt. Bei einer Last von 20 Prozent beträgt die Effizienz von Modell A ca. 88 Prozent. Bei Modell B liegt diese bei ca. 82 Prozent.

Abbildung 9 zeigt außerdem eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Effizienz: Die Auslegung der Netzteile in Abhängigkeit von der tatsächlichen Last. Es muss berücksichtigt werden, dass die Last bei einer maximalen Konfiguration bei ca. 80 Prozent der Typenschildangabe und in einer Standard-

konfiguration bei 67 Prozent der Typenschildangabe liegt. Serverhersteller sollten den Käufern die Möglichkeit geben, Netzteile auszuwählen, die entweder für eine typische oder eine maximale Konfiguration ausgelegt sind.



**Abbildung 9.** Die Effizienz von Netzteilen kann in Abhängigkeit von der Lastsituation mitunter sehr unterschiedlich sein. Netzteile sind oftmals für eine Last ausgelegt, die höher als die maximale Serverkonfiguration ist.

3. Power-Management-Software  
Rechenzentren sind für Spitzenlastsituationen ausgelegt, die aber unter Umständen nur selten eintreten. In einem typischen geschäftlichen Rechenzentrum steigt die Last schrittweise von 5 Uhr bis 11 Uhr an und beginnt dann ab 17 Uhr wieder abzufallen (Abbildung 10).

Der Stromverbrauch des Servers bleibt relativ hoch, während die Serverlast abnimmt (Abbildung 11). Im Leerlaufmodus verbrauchen die meisten Server zwischen 70 und 85 Prozent des Stroms, der im vollen Betrieb benötigt wird. Eine Einrichtung, die nur zu 2 Prozent ausgelastet ist, braucht daher trotzdem 80 Prozent der Energie, die bei voller Auslastung benötigt wird.

Serverprozessoren besitzen integrierte Power-Management-Funktionen, mit denen der Stromverbrauch reduziert wird, wenn sich der Prozessor im Leerlaufmodus befindet. Zu oft werden diese Funktionen aber deaktiviert, weil Abstriche bei den Reaktionszeiten befürchtet werden. Doch angesichts des signifikanten Einsparpotenzials, das sich mit dieser Technologie ergibt, sollte diese Entscheidung noch einmal überdacht werden.

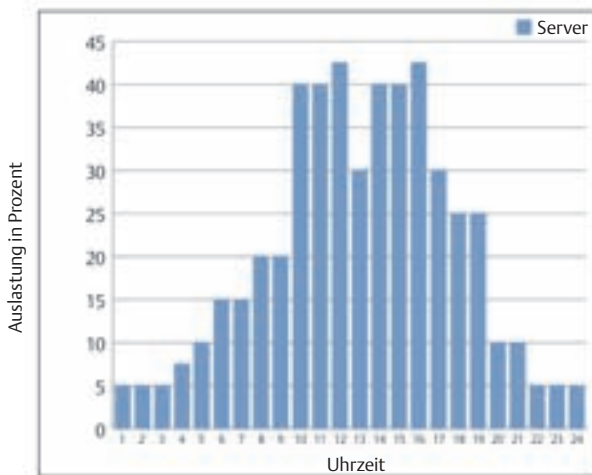
In unserem Modellrechenzentrum gehen wir davon aus, dass die Leistungsaufnahme im Leerlauf ohne Power-Management 80 Prozent der Leistungsaufnahme bei Spitzenlast beträgt. Bei aktiviertem Power-Management kann dieser Wert auf 45 Prozent reduziert werden. In diesem Szenario können mit dem Power-Management zusätzliche 86 kW eingespart werden – also acht Prozent der Last des unoptimierten Rechenzentrums.

#### 4. Blade-Server

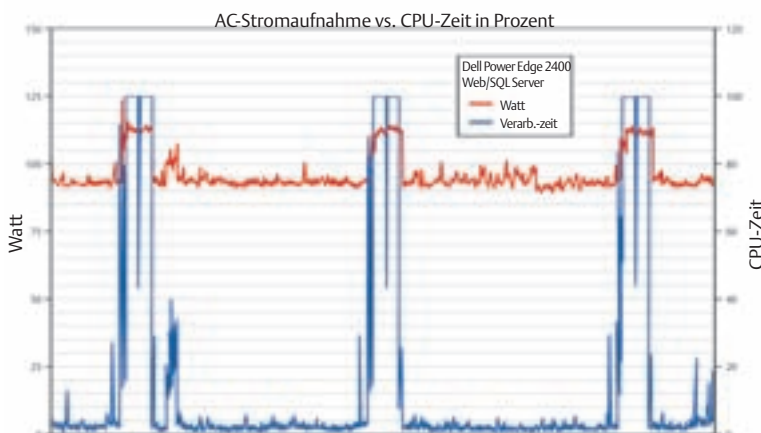
Viele Unternehmen haben Blade-Server implementiert, um ihre Verarbeitungsanforderungen erfüllen zu können und das Servermanagement zu optimieren. Der Umstieg auf Blade-Server wird in der Regel nicht aus Effizienzgründen vorgenommen. Trotzdem können Blade-Server eine wichtige Rolle bei der Reduzierung des Energieverbrauchs spielen.

*Der Umstieg auf Blade-Server wird in der Regel nicht aus Effizienzgründen vorgenommen. Trotzdem können Blade-Server eine wichtige Rolle bei der Reduzierung des Energieverbrauchs spielen.*

Blade-Server verbrauchen ca. 10 Prozent weniger Strom als entsprechende Rack-Server, da mehrere Server sich ein Netzteil, Kühllüfter und andere Komponenten teilen.



**Abbildung 10. Tägliche Auslastung in einem typischen geschäftlichen Rechenzentrum.**



**Abbildung 11. Geringe Prozessoraktivität heißt nicht geringer Stromverbrauch.**

***Mit der Implementierung der Virtualisierung kann die Leistungsaufnahme im 465 m<sup>2</sup> großen Rechenzentrum schrittweise um acht Prozent reduziert werden.***

Im Modellrechenzentrum konnten wir eine Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs um ein Prozent beobachten, wenn 20 Prozent der im Rack installierten Server durch Blade-Server ersetzt werden. Blade-Server bieten aber noch einen weiteren wichtigen Vorteil: Sie ermöglichen die Realisierung einer äußerst kompakten Rechenzentrumsarchitektur, mit der der Energieverbrauch deutlich gesenkt werden kann.

#### 5. Server-Virtualisierung

Im Rahmen der Optimierung von Servertechnologien setzen die Unternehmen verstärkt auf die Virtualisierung als Mittel für die Steigerung der Serverauslastung und für die Reduzierung der Anzahl der benötigten Server.

In unserem Modell gehen wir davon aus, dass 25 Prozent der Server virtualisiert sind, wobei jeweils acht nicht virtualisierte physische Server durch einen virtualisierten physischen Server ersetzt werden. Wir gehen außerdem davon aus, dass sich die Anwendungen, die virtualisiert werden, auf Servern mit einem oder zwei Prozessoren befinden. Und die virtualisierten Anwendungen werden auf Servern mit mindestens zwei Prozessoren gehostet.

Mit der Implementierung der Virtualisierung kann die Leistungsaufnahme im 465 m<sup>2</sup> großen Rechenzentrum schrittweise um acht Prozent reduziert werden.

#### 6. Best Practices für die Kühlung

In den meisten Rechenzentren wurden verschiedene Best Practices implementiert, wie z. B. die sogenannte Warmgang-/Kaltgang-Anordnung der Racks. Es bestehen aber noch weitere Möglichkeiten, wie z. B. die Abdichtung von Bodenöffnungen, die Verwendung von Blindplatten in freien Bereichen von Racks und die Vermeidung einer Mischung von warmer und kalter Luft. ASHRAE hat verschiedene gute Abhandlungen zu diesen Best Practices veröffentlicht.

Mit der numerischen Strömungsdynamik (Computational Fluid Dynamics, CFD) können Ineffizienzen identifiziert und der Luftstrom im Rechenzentrum optimiert werden (Abbildung 12). Viele Unternehmen, darunter auch Emerson Network Power, bieten im Rahmen von Assessment-Services für Rechenzentren auch CFD-Imaging für die Optimierung der Kühleffizienz an.

Darüber hinaus können die Temperaturen im Kaltgang gegebenenfalls erhöht werden, wenn die aktuellen Temperaturen niedriger als 20° C sind. Die Kühlwassertemperaturen können oft von 7° C auf 10° C angehoben werden.

Im Modellrechenzentrum konnte die Effizienz des Kühlsystems allein durch die Einführung von Best Practices um fünf Prozent gesteigert werden. Die Energiekosten der gesamten Einrichtung können dadurch um ein Prozent reduziert werden – und das praktisch ohne Investitionen in neue Technologien.

#### 7. Stromverteilung mit 415 V AC

Das wichtige Stromversorgungssystem bietet eine weitere Möglichkeit für die Reduzierung des Energieverbrauchs. Noch stärker als bei anderen Systemen muss jedoch hierbei darauf geachtet werden, dass eine Reduzierung des Energieverbrauchs nicht zulasten der Verfügbarkeit geht.

In den meisten Rechenzentren kommt eine USV vom Typ „Double Conversion“ (Doppelwandler) zum Einsatz. Solche Systeme wandeln den eingehenden Strom zunächst in Gleichstrom und anschließend in der USV wieder in Wechselstrom um. Die USV kann so eine reine, einheitliche Wellenform für das IT-Equipment bereitstellen und das IT-Equipment wirkungsvoll von der Stromversorgungsquelle isolieren.

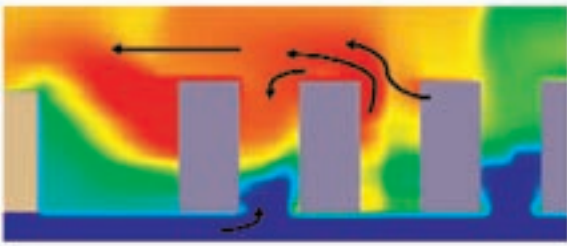


Abbildung 12. Mit CFD-Imaging kann die Kühleffizienz analysiert und der Luftstrom verbessert werden. In dieser Abbildung wird dargestellt, wie warme Luft zirkuliert, wenn sie zur CRAC zurückgeführt wird, die ungünstig positioniert ist.

USV-Systeme, die den eingehenden Strom nicht umwandeln – d. h. Line-Interactive-Geräte oder passive Stand-by-Systeme – können effizienter arbeiten, da der Umwandlungsprozess mit Verlusten behaftet ist. Diese Systeme können sich aber nachteilig auf den Geräteschutz auswirken, da der eingehende Strom nicht vollständig geprüft wird.

Ein größeres Einsparpotenzial besteht am Ausgang der USV. In den meisten Rechenzentren stellt die USV Strom mit einer Spannung von 480 V bereit, die dann über einen Transformator im Stromverteilungssystem auf 208 V reduziert werden – was natürlich mit Verlusten verbunden ist. Diese Verluste können vermieden werden, wenn bereits der Ausgangsstrom der USV zu 415 V umgewandelt wird.

Die Dreiphasen-Eingangsspannung von 415 V wird umgewandelt und als Einphasen-Eingangsspannung mit 240 V zwischen Phase und Nullleiter direkt in den Server einge-

speist (Abbildung 13). Durch diese höhere Spannung werden Verluste durch das Herunterregeln der Spannung vermieden. Gleichzeitig kann so die Effizienz des Servernetzteils gesteigert werden. Server und anderes IT-Equipment können eine Eingangsspannung von 240 V AC problemlos verarbeiten.

Im Modellrechenzentrum konnte durch die Stromverteilung mit 415V AC der Energieverbrauch der gesamten Einrichtung schrittweise um zwei Prozent gesenkt werden.

### 8. Kühlung mit variabler Kapazität

Die Systeme in Rechenzentren sind für Spitzenlastsituationen ausgelegt, die aber unter Umständen nur selten eintreten. Daher ist die Effizienz bei Volllast nicht unbedingt ein guter Indikator für die tatsächliche Effizienz im normalen Betrieb.

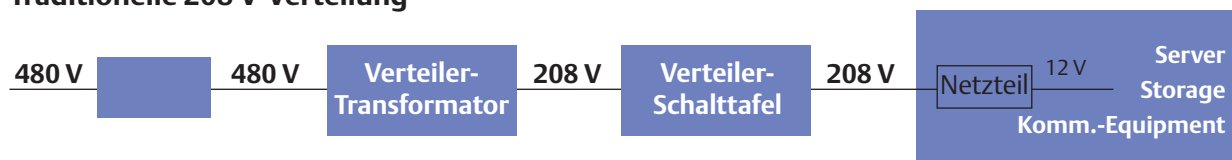
Neuere Technologien in den Klimaanlagen für Rechenzentren (Computer Room Air Conditioner, CRAC) – wie z. B. Digital Scroll-Kompressoren und Lüfterantriebe mit variabler Frequenz – sorgen selbst bei Teillast für höchste Effizienz.

Mit Digital Scroll-Kompressoren kann die Kapazität der Klimaanlage exakt an die Raumbedingungen angepasst werden, ohne dass die Kompressoren aus- und eingeschaltet werden müssen.

CRAC-Lüfter laufen in der Regel mit einer konstanten Geschwindigkeit und liefern ein gleich bleibendes Luftstromvolumen. Werden die entsprechenden Lüfterantriebe auf eine variable Frequenz umgestellt, werden Lüftergeschwindigkeit und Leistungsaufnahme reduziert, wenn die Last abnimmt. Die Lüfterleistung ist direkt proportional zur dritten Potenz der Lüfterdrehzahl. Wird die Lüftergeschwindigkeit um 20 Prozent reduziert, kann also der Stromverbrauch des Lüfters um fast 50 Prozent gesenkt werden. Diese Antriebe werden in Retrofit-Kits angeboten, was ein einfaches Upgrade vorhandener CRACs ermöglicht. Die Investition in solche Antriebe amortisiert sich in weniger als einem Jahr.

*Neuere Technologien in den Klimaanlagen für Rechenzentren (Computer Room Air Conditioner, CRAC) – wie z. B. Digital Scroll-Kompressoren und Lüfterantriebe mit variabler Frequenz – sorgen selbst bei Teillast für höchste Effizienz.*

### Traditionelle 208 V-Verteilung



### 415V-Verteilung

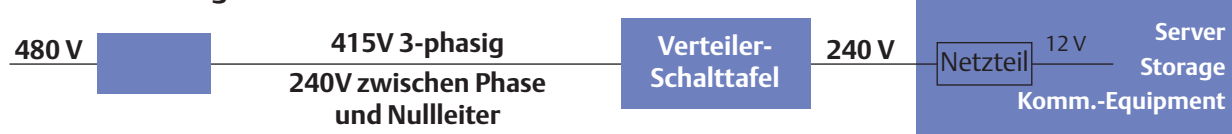


Abbildung 13. Die 415-V-Stromverteilung stellt eine effizientere Alternative zum Einsatz des 208-V-Prinzips dar.

*Ablaufkühleinheiten werden auf oder seitlich an den Equipment-Racks montiert und ziehen warme Luft direkt vom Heißgang ab und führen kalte Luft dem Kaltgang zu.*

Mit der im Rahmen dieser Analyse eingesetzten kühlwasserbasierten Klimaanlage konnte der Energieverbrauch im Rechenzentrum durch die Verwendung von Antrieben mit variabler Frequenz schrittweise um vier Prozent gesenkt werden.

### 9. Ablaufkühlung

Traditionelle Raumkühlsysteme stellen in bewährter Weise eine sichere, kontrollierte Umgebung für das IT-Equipment bereit. Für die Optimierung der Energieeffizienz im Rechenzentrum ist jedoch eine Abkehr von den traditionellen Rechenzentrumsdichten (2 bis 3 kW pro Rack) nötig. Gefragt ist jetzt eine Umgebung, die viel höhere Dichten unterstützen kann (über 30 kW).

Dazu muss ein neues Konzept eingeführt werden, mit dem ein Teil der Kühllast von den traditionellen CRAC-Einheiten zu Ablaufkühleinheiten verlagert wird. Ablaufkühleinheiten werden auf oder seitlich an den Equipment-Racks (Abbildung 14) montiert und ziehen warme Luft direkt vom Heißgang ab und führen kalte Luft dem Kaltgang zu.

Mit Ablaufkühleinheiten können die Kosten für die Kühlung im Vergleich zu traditionellen Verfahren um 30 Prozent gesenkt werden. Diese Einsparungen können erreicht werden, da bei der Ablaufkühlung die Kühlung näher an der Wärmequelle erfolgt, wodurch weniger Lüfterleistung zur Umwälzung der Luft benötigt wird. Darüber hinaus kommen deutlich effizientere Wärmetauscher zum Einsatz. Außerdem wird eine sensible Kühlung vorgenommen, die ideal für die von elektronischen Geräten erzeugte trockene Wärme geeignet ist.



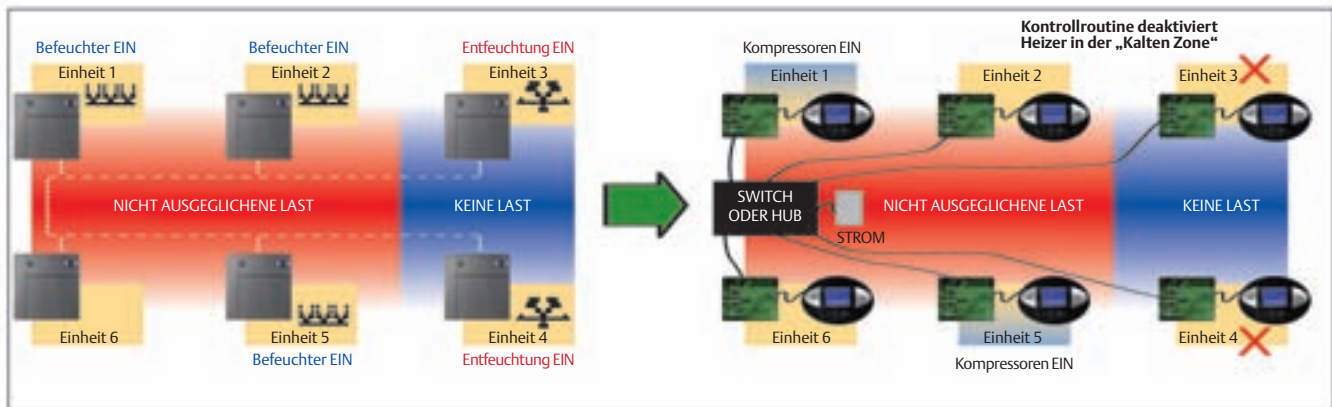
**Abbildung 14. Die Ablaufkühlung ermöglicht die Realisierung höherer Rack-Dichten und die Optimierung der Kühlung.**

Das Kühlmittel wird über ein oben liegendes Rohrleitungssystem zu den Ablaufkühlmodulen geführt. Nach der Installation der Rohrleitungen können die Kühlmodule bei Bedarf einfach und problemlos neu positioniert werden. Genauso einfach ist es, neue Module hinzuzufügen.

Im Modellrechenzentrum wird für 20 Racks mit einer Dichte von 12 kW pro Rack die Ablaufkühlung eingesetzt. Die verbleibenden 40 Racks (mit einer Dichte von 3,2 kW) nutzen traditionelle Raumkühlanlagen. Damit kann schrittweise eine sechsprozentige Einsparung bei den Energiekosten für das Rechenzentrum erreicht werden. Wenn die Einrichtung künftig mehr und mehr auf Racks mit hohen Dichten umgestellt wird, können noch größere Einsparungen realisiert werden.

### 10. Überwachung und Optimierung

Eine Folge der wachsenden Equipment-Dichte ist eine gestiegene Vielfalt im Rechenzentrum. Die Rack-Dichten sind innerhalb einer Einrichtung nur selten einheitlich. Daraus können Ineffizienzen bei der Kühlung entstehen, wenn keine angemessenen Überwachungs- und Optimierungsroutinen implementiert wurden.



**Abbildung 15.** Die Effizienz von Netzteilen kann in Abhängigkeit von der Lastsituation mitunter sehr unterschiedlich sein. Netzteile sind oftmals für eine Last ausgelegt, die höher als die maximale Serverkonfiguration ist.

Raumkühleinheiten auf einer Seite einer Einrichtung können unter Umständen je nach lokalen Bedingungen die Umgebung befeuchten, während Einheiten auf der gegenüberliegenden Seite entfeuchtend wirken.

Kühlkontrollsysteme können die Bedingungen im gesamten Rechenzentrum überwachen und die Aktivitäten mehrerer Einheiten koordinieren, um Konflikte zu vermeiden und das Zusammenspiel der einzelnen Einheiten zu verbessern (Abbildung 15).

Im Modellrechenzentrum konnten dank der Überwachung und Kontrolle auf Systemebene schrittweise Einsparungen in Höhe von einem Prozent erzielt werden.

### Sonstige Einsparpotenziale

Mit Energy Logic werden die effizientesten Strategien für die Senkung des Energieverbrauchs priorisiert. Doch dieses Konzept ist nicht als umfassende Liste der potenziellen Energiesparmaßnahmen zu verstehen.

Neben den von Energy Logic empfohlenen Maßnahmen sollten Rechenzentrumsmanager auch die folgenden Verfahren in Betracht ziehen:

- Konsolidierung der Datenspeicherung von Direct Attached Storage zu Network Attached Storage. Schnellere Festplatten verbrauchen mehr Strom. Daher sollten die Daten so organisiert werden, dass seltener benötigte Informationen auf langsameren Archivierungslaufwerken abgelegt werden.
- Einsatz von Economisern (sofern angemessen) zur Nutzung der Außenluft als Unterstützung der Rechenzentrums Kühlung in den kälteren Monaten, um so die Möglichkeit einer energiefreien Kühlung zu schaffen. In den heutigen, extrem dichten Rechenzentrums umgebungen können Economiser in großem Umfang für höchste Effizienz sorgen – und zwar an viel mehr Standorten, als es auf den ersten Blick möglich erscheint.
- Überwachung und Reduzierung von parasitären Verlusten auf Seite der Generatoren, Außenbeleuchtung und Zugangskontrollen. Bei einer Last von 1 MW wurden bei Tests Generatorverluste von 20 kW bis 50 kW gemessen.

*Das Energy Logic-Modell bietet auch eine Roadmap für die gesamte Branche hinsichtlich der Bereitstellung von Informationen und Technologien, mit denen Rechenzentrumsmanager ihre Einrichtungen nachhaltig optimieren können.*

## Welche Erkenntnisse ergeben sich für die Branche aus dem Energy Logic-Modell?

Mit dem Energy Logic-Modell werden nicht nur die Maßnahmen für Rechenzentrumsmanager priorisiert. Das Modell bietet auch eine Roadmap für die gesamte Branche hinsichtlich der Bereitstellung von Informationen und Technologien, mit denen Rechenzentrumsmanager ihre Einrichtungen nachhaltig optimieren können. Im Folgenden werden konkrete Maßnahmen genannt, mit denen innerhalb der Branche die Effizienz der Rechenzentren gesteigert werden kann:

### 1. Definition von allgemein anerkannten Kennzahlen für die Prozessor-, Server- und Rechenzentrumseffizienz

Innerhalb des vergangenen Jahrzehnts wurden enorme technische Fortschritte im Bereich der Serverprozessoren erzielt. Bis 2005 wurde eine höhere Prozessorperformance durch höhere Taktgeschwindigkeiten und damit heißere Chips erreicht, was zu einem größeren Stromverbrauch führte.

Durch aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Mehrkernprozessoren werden Performancesteigerungen durch die Verwendung mehrerer Kerne mit relativ geringen Taktfrequenzen ermöglicht. Dadurch kann der Stromverbrauch spürbar gesenkt werden.

Prozessorhersteller bieten heute eine Vielzahl von Serverprozessoren an, aus denen sich der Kunde den für den konkreten Anwendungszweck geeigneten Prozessor selbst aussuchen muss. Was fehlt, sind leicht verständliche und benutzerfreundliche Angaben – vergleichbar mit den Verbrauchswerten pro Kilometer, die vom US-Verkehrsministerium für Kraftfahrzeuge veröffentlicht werden – die den Käufern bei der Auswahl des idealen Prozessors für die jeweiligen Anforderungen helfen. Das „Performance pro Watt“ System setzt sich allmählich durch, wobei der SPEC-Wert als Kennzahl für die Serverperformance dient. Es muss aber noch mehr getan werden.

Das gleiche Prinzip kann auch auf Ebene der Einrichtung angewandt werden. Ein Branchenstandard für die Rechenzentrumseffizienz, mit dem die Performance pro verbrauchten Watt ermittelt wird, wäre äußerst nützlich für die Erfassung der erzielten Fortschritte bei der Optimierung des Rechenzentrums. Der von Green Grid entwickelte PUE-Quotient liefert zwar Angaben über die Effizienz der Infrastruktur, jedoch nicht über Effizienz der gesamten Einrichtung. Das IT-Management muss in enger Zusammenarbeit mit den Herstellern von IT-Equipment und Infrastrukturkomponenten Kennzahlen – ähnlich wie die vom Auto bekannten Verbrauchswerte pro Kilometer – für Systeme und Einrichtungen entwickeln.

## 2. Ausgereifteres Power-Management

Power-Management-Funktionen ermöglichen enorme Einsparungen. Trotzdem meidet das IT-Management oftmals diese Technologie, da die Auswirkungen auf die Verfügbarkeit nicht klar und deutlich dokumentiert sind. Wenn mehr Tools für die Verwaltung der Power-Management-Funktionen erhältlich sind und die Unbedenklichkeit im Hinblick auf die Verfügbarkeit bescheinigt wird, wird sich diese Technologie auf dem Markt durchsetzen. Ausgereifere Steuerroutinen – mit denen es möglich ist, diese Funktionen nur in Phasen geringer Auslastung zu aktivieren oder auch komplett zu deaktivieren, wenn kritische Anwendungen verarbeitet werden – würden die bestehenden Vorbehalte gegenüber dem Power-Management schnell aus der Welt schaffen.

## 3. Anpassung der Netzteilkapazität an die Serverkonfiguration

Serverhersteller legen die Netzteile oftmals größer aus, als es erforderlich wäre, um so die maximale Konfiguration eines bestimmten Servers zu berücksichtigen. Manche Anwender sind vielleicht bereit, Effizienz- einbußen zugunsten der Flexibilität für die einfache Durchführung von Upgrades in Kauf zu nehmen. Doch viele Anwender hätten lieber die Wahl zwischen einem Netzteil, das für eine Standardkonfiguration ausgelegt ist, und einem Netzteil für die maximale Konfiguration. Die Serverhersteller sollten verschiedene Netzteilvarianten anbieten. Und den Anwendern muss vermittelt werden, welche Auswirkungen die Größe des Netzteils auf den Energieverbrauch hat.

## 4. Auslegung für hohe Dichten

Viele sind der Ansicht, dass es teurer ist, eine Umgebung mit einer hohen Dichte zu realisieren, als einfach die Last über eine größere Fläche zu verteilen. In Umgebungen mit einer hohen Dichte kommen Blade-Server und virtualisierte Server zum Einsatz, die wirtschaftlicher sind, da sie für geringere Energiekosten sorgen und Wachstumshemmnisse beseitigen. Dadurch werden neue, größere Einrichtungen in der Regel erst deutlich später oder im Optimalfall gar nicht nötig.

## 5. Hochspannungsverteilung

Die Verteilung mit 415V ist in Europa weit verbreitet. Doch in den USA sind USV-Systeme, die diese Architektur unterstützen, Mangelware. Hersteller von kritischem Stromversorgungsgerät sollten die 415-V-Variante als Option für USV-Systeme anbieten und ihre Kunden besser über die Hochspannungsverteilung informieren.

## 6. Integrierte Messung und Kontrolle

Daten, die aus IT-Systemen und aus den unterstützenden Racks erfasst werden können, müssen effizient in die Kontrollroutinen der Supportsysteme integriert werden. Damit könnten IT-Systeme, Anwendungen und Supportsysteme deutlich effizienter auf der Basis der tatsächlichen Bedingungen auf der Ebene des IT-Equipments verwaltet werden.

***Ein Branchenstandard für die Rechenzentrumseffizienz, mit dem die Performance pro verbrauchten Watt ermittelt wird, wäre äußerst nützlich für die Erfassung der erzielten Fortschritte bei der Optimierung des Rechenzentrums.***

*Mit diesen Strategien wurde der Energieverbrauch im 465 m<sup>2</sup> großen, von Emerson Network Power realisierten Modellrechenzentrum um insgesamt 52 Prozent reduziert, während gleichzeitig Wachstumshemmnisse zuverlässig beseitigt wurden.*

## Fazit

Rechenzentrumsmanager und -designer, Hersteller von IT-Equipment und Infrastrukturanbieter müssen eng zusammenarbeiten, damit die Effizienz im Rechenzentrum nachhaltig erhöht werden kann.

Rechenzentrumsmanager können heute eine Vielzahl verschiedener Maßnahmen ergreifen, mit denen Energieverbrauch und Platzbedarf deutlich gesenkt werden. Außerdem wird so durch die Reduzierung des Strom- und Kapazitätsbedarfs das Wachstum wirkungsvoll unterstützt.

Am Anfang von Projekten für die Reduzierung des Energieverbrauchs sollte die Definition von Richtlinien stehen, die die Nutzung effizienter IT-Technologien vorsehen. Das betrifft insbesondere Strom sparende Prozessoren und hocheffiziente Netzteile. Auf diese Weise wird der Weg für den Einzug effizienterer Technologien ins Rechenzentrum im Rahmen des regulären Hardware-Austauschzyklus geebnet.

Power-Management-Software sollte nach Möglichkeit und Machbarkeit verwendet werden, da damit – in Abhängigkeit von der Auslastung des Rechenzentrums – größere Einsparungen als mit jeder anderen Technologie erzielt werden können.

Projekte für die IT-Konsolidierung spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für die Optimierung des Rechenzentrums. Sowohl Blade-Server als auch Virtualisierungstechnologien haben Anteil an der Realisierung von Energieeinsparungen und unterstützen die Schaffung einer Umgebung mit einer hohen Dichte, die den bestmöglichen Nährboden für Optimierungen bietet.

Die abschließenden Schritte der Energy Logic-Optimierungsstrategie konzentrieren sich auf die Infrastruktursysteme. Dabei wird eine Kombination aus Best Practices und modernsten Technologien eingesetzt, um die Effizienz der Stromversorgungs- und Kühlsysteme zu steigern.

Mit diesen Strategien wurde der Energieverbrauch im 465 m<sup>2</sup> großen, von Emerson Network Power realisierten Modellrechenzentrum um insgesamt 52 Prozent reduziert, während gleichzeitig Wachstumshemmnisse zuverlässig beseitigt wurden.

In der Anlage B wird ausführlich erläutert, wie diese Einsparungen im Laufe der Zeit erreicht werden, wenn Legacy-Technologien ausgemustert und die Einsparungen über die gesamten Systeme hinweg spürbar werden.

## Anlage A: Daten des für die Modellierung des Energieverbrauchs genutzten Rechenzentrums

Zur Quantifizierung der Ergebnisse der in diesem Dokument aufgeführten Maßnahmen für die Effizienzoptimierung wurde ein hypothetisches Rechenzentrum errichtet, das noch nicht im Hinblick auf die Energieeffizienz optimiert wurde. Die zehn hier vorgestellten Effizienzmaßnahmen wurden dann nacheinander angewandt, um die Ergebnisse zu quantifizieren.

Das 465 m<sup>2</sup> große Modellrechenzentrum besitzt 210 Racks mit einer durchschnittlichen Wärmedichte von 2,8 kW/Rack. Die Racks sind in einer Warmgang-/Kaltgang-Konfiguration angeordnet. Die Kaltgänge sind 122 cm breit und die Heißgänge 91 cm. Auf der Grundlage dieser Konfiguration und dieser Betriebsparameter wurde eine durchschnittliche Leistungsaufnahme von 1127 kW ermittelt. Im Folgenden werden weitere Details aufgeführt, die für die Analyse relevant waren.

### Server

- Das Alter basiert auf dem durchschnittlichen Server-Austauschzyklus von 4-5 Jahren.
- Die pro Chip abzuführende Wärmemenge beträgt 91 W/Prozessor.
- Alle Server besitzen doppelte redundante Netzteile. Für den Mix aus vier Jahre alten bis hin zu neuen Servern wird die durchschnittliche DC-DC-Umwandlungseffizienz mit 85 Prozent und die durchschnittliche AC-DC-Umwandlungseffizienz mit 79 Prozent veranschlagt.
- Die tagsüber zu verzeichnende Leistungsaufnahme wird mit 14 Stunden an Wochentagen und 4 Stunden am Wochenende veranschlagt. Die Leistungsaufnahme bei Nacht beträgt 80 Prozent der Leistungsaufnahme bei Tag.
- Weitere Informationen über die Serverkonfiguration und die Betriebsparameter finden Sie in Abbildung 16.

	Ein Sockel	Zwei Sockel	Vier Sockel	Mehr als vier Sockel	Summe
Serveranzahl	157	812	84	11	1064
Leistungsaufnahme bei Tag (Watt/Server)	277	446	893	4387	-
Leistungsaufnahme bei Nacht (Watt/Server)	247	388	775	3605	-
Gesamte Leistungsaufnahme bei Tag (kW)	44	362	75	47	528
Gesamte Leistungsaufnahme bei Nacht (kW)	39	315	65	38	457
Durchschnittliche Leistungsaufnahme des Servers (kW)	41	337	70	42	490

Abbildung 16. Server-Betriebsparameter im Energy Logic-Modell.

### **Storage**

- Storage-Typ: Network Attached Storage.
- Die Kapazität beträgt 120 Terabyte.
- Die durchschnittliche Leistungsaufnahme liegt bei 49 kW.

### **Kommunikations-Equipment**

- Router, Switches und Hubs werden für die Anbindung der Server, Storage-Systeme und Access Points über das Local Area Network benötigt und bieten einen sicheren Zugang zu öffentlichen Netzwerken.
- Die durchschnittliche Leistungsaufnahme liegt bei 49 kW.

### **Stromverteilungseinheiten**

- Liefert eine Ausgangsspannung von 208 V (3-phasig) über Weichen und Stromleitungen am Rack zu Servern, Storage-Systemen, Kommunikations-Equipment und Beleuchtungsanlagen. (Die Durchschnittslast liegt bei 539 kW).
- Die Eingangsspannung von der USV beträgt 480 V (3-phasig).
- Die Effizienz der Stromverteilung liegt bei 97,5 Prozent.

### **USV-System**

- Zwei USV-Module mit 750 kVA und Doppelumwandlung sind in doppelter redundanter Konfiguration (1 +1) angeordnet – mit Eingangfilter für die Leistungsfaktorkorrektur (Leistungsfaktor = 91 Prozent).
- Die USV erhält eine Eingangsspannung von 480 V für die Verteilertafel und liefert 480 V (3-phasig) zu den Stromverteilungseinheiten im Rechenzentrum.
- USV-Effizienz bei Teillast: 91,5 Prozent.

### **Kühlsystem**

- Das Kühlsystem ist kühlwasserbasiert.
- Die gesamte sensible Wärmelast im Präzisionskühlsystem umfasst auch die Wärme, die vom IT-Equipment, dem USV-System und den Stromverteilungseinheiten und vom Gebäude selbst und den Menschen erzeugt wird.
- Komponenten des Kühlsystems:
- Acht kühlwasserbasierte Präzisionskühlsysteme mit 128,5 kW am Ende jedes Heißgangs. Einschließlich einer redundanten Einheit.
- Als Kühlwasserquelle dient eine Kühlanlage bestehend aus drei 200-Tonnen-Kühlaggregaten (n+1) mit entsprechenden Kondensatoren für die Wärmeabfuhr und vier Kühlwasserpumpen (n+2).
- Kühlanlage, Pumpen und Klimaanlage werden von der gebäudeseitigen Verteilertafel (480 V, 3-phasig) versorgt.
- Die Gesamtleistungsaufnahme des Kühlsystems beträgt 429 kW.

### **Gebäude-Trafostation:**

- Die Trafostation liefert Strom mit 480V (3-phasig) zu den USV's und zum Kühlsystem.
- Die Durchschnittslast der Trafostation beträgt 1.099 kW.
- Als Versorgungseingang dient eine Verbindung mit 13,5 kVA (3-phasig).
- Das System besteht aus einem Transformator mit einem Trennschaltgerät an der Eingangsleitung, einer Schaltanlage, Trennschaltern und einer Verteilertafel an der Niederspannungsleitung.
- Die kombinierte Effizienz von Trafostation, Transformator und Gebäude-Stromeinspeisungsschaltanlage beträgt 97,5 Prozent.

## Anlage B: Dauer bis zur Realisierung des vollen Nutzens von Maßnahmen für Effizienzverbesserungen

Bereich der Effizienzverbesserung		Einsparungen (kW)	Geschätzte jährliche Einsparungen (Summe)				
			Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
IT-Richtlinien	Verbrauchsarme Prozessoren	111	6	22	45	78	111
	Hocheffiziente Netzteile	124	12	43	68	99	124
	Power-Management für den Server	86	9	26	43	65	86
IT-Projekte	Blade-Server	7	1	7	7	7	7
	Virtualisierung	86	9	65	69	86	86
Best Practices	Stromverteilung mit 415 V AC	20	0	0	20	20	20
	Best Practices für die Kühlung	15	15	15	15	15	15
	Kühlung mit variabler Kapazität	49	49	49	49	49	49
Infrastrukturprojekte	Ablaufkühlung	72	0	57	72	72	72
	Überwachung und Optimierung	15	0	15	15	15	15
		<b>585</b>	<b>100</b>	<b>299</b>	<b>402</b>	<b>505</b>	<b>585</b>

**Hinweis:** Das Energy Logic-Konzept wurde von Emerson Network Power entwickelt, um Unternehmen wichtige Informationen bereitzustellen, die sie für die wirkungsvolle Reduzierung des Energieverbrauchs im Rechenzentrum benötigen. Das Konzept ist nicht direkt mit einem Produkt oder Service von Emerson Network Power verbunden. Wir empfehlen die Verwendung des Energy Logic-Konzepts in Branchendiskussionen zum Thema Energieeffizienz und erlauben die Nutzung der Energy Logic-Grafiken, sofern die folgenden Hinweise angebracht sind:

Das Energy Logic-Konzept – entwickelt von Emerson Network Power.

Wenn Sie eine Grafik anfordern möchten, senden Sie eine E-Mail an [energylogic@emerson.com](mailto:energylogic@emerson.com).

### Knürr AG Global Headquarters

Mariakirchener Straße 38  
94424 Arnstorf • Germany  
Tel. +49 (0) 87 23 / 27 - 0  
Fax +49 (0) 87 23 / 27 - 154  
[info@knuerr.com](mailto:info@knuerr.com)

#### So finden Sie uns vor Ort:

[www.knuerr.com](http://www.knuerr.com)  
[www.emerson.com](http://www.emerson.com)

©2008 Knürr AG. Alle Rechte weltweit vorbehalten. Änderungen der Spezifikation ohne vorherige Ankündigung vorbehalten.

Alle erwähnten Namen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der entsprechenden Unternehmen.

#### Emerson Network Power

Der Weltmarktführer im Bereich Business-Critical Continuity

- |                              |                               |                     |                                 |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| ■ AC-Stromversorgungssysteme | ■ Integrierte Stromversorgung | ■ Connectivity      | ■ Standortüberwachung           |
| ■ Power Switching & Controls | ■ Integrierte Schranklösungen | ■ Präzisionskühlung | ■ Überspannungs- & Signalschutz |
| ■ DC-Stromversorgungssysteme | ■ Outdoor-Anlagen             | ■ Services          | ■ Rack- & Gehäusesysteme        |

Knürr und das Knürr-Logo, Emerson Network Power und das Emerson Network Power-Logo sind Warenzeichen und Servicemarken von Emerson Electric Co. ©2008 Emerson Electric Co.