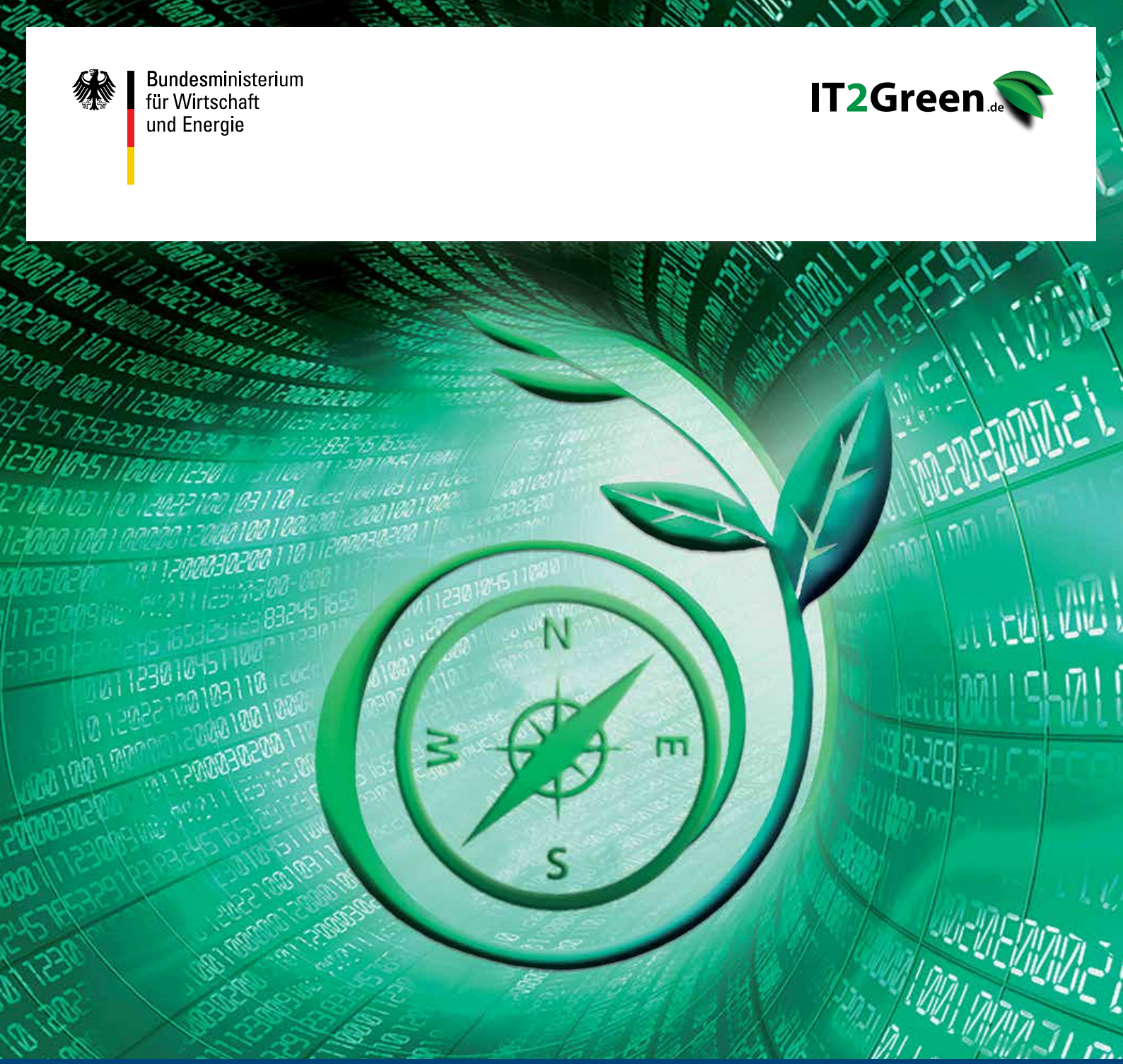
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

IT2Green.de



Energieeffiziente IKT in der Praxis

Planung und Umsetzung von Green IT Maßnahmen im Bereich
von Büroarbeitsplätzen und Rechenzentren

Impressum

Herausgeber
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
10115 Berlin
www.bmwi.de

Text und Redaktion
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Gestaltung
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Stand
April 2014

Druck
Silber Druck oHG, Niestetal

Bildnachweis
Vishnukumar/Maxim_Kazim, Fotolia.com, VDI/VDE-IT (Titel);
VDI/VDE-IT (S. 4, 6); Tiberius Gracchus, Fotolia.com (S. 8);
Iceteaimages, Fotolia.com (S. 11); Eisenhans, Fotolia.com (S. 14);
Axel Springer SE (S. 17); Universität Paderborn (S. 19);
Sashkin, Fotolia.com (S. 20); .shock, Fotolia.com (S. 22);
Minerva Studio, Fotolia.com (S. 30), OFFIS (S. 33, 34);
yanlev, Fotolia.com (S. 36); agsandrew, Fotolia.com (S. 40);
gena96, Fotolia.com (S. 44)

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum
Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung
auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen
der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder
Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung 5

2. Energieeffiziente IKT im Büro 9

2.1. Arbeitsplatzkonzepte 10

2.2. Power Management und Nutzerakzeptanz 12

2.3. Stromverbrauchsanalyse 14

2.4. Nutzer steuert IT-Ressourcen 17

2.5. Energieoptimiertes WLAN 18

3. Energieeffiziente IKT im Rechenzentrum 21

3.1. Technikbeschaffung und Konfiguration 22

3.2. Ganzheitliche Energie- und Ressourcenoptimierung 25

3.3. Messung von Energieverbräuchen 27

3.4. Kennzahlen im Überblick 29

3.5. Rechenzentrum mit Grünem Leitstand 32

3.6. Migration in die Cloud 34

4. Ausblick **37**

5. Technologieprogramm IT2Green – Energieeffiziente IKT für Mittelstand, Verwaltung und Wohnen **41**

6. Kontakt und Informationen **43**

7. Literatur **45**

Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
Energieeffiziente IKT
im Büro
Arbeitsplatzkonzepte
Technologie und Anwendungen kennen
Thin Clients
Cloud
Power Management
Nutzerakzeptanz
Voreinstellungen
Gesetzliche Regelungen
Monitor
Mobile Geräte
Lastprofile
Stromverbrauchsanalyse
Nutzungsanalyse
Datenschutz
Nutzergesteuerte IT-Ressourcen
Client
Probe
Energieoptimiertes WLAN
Abschalten bei Niedriglast
Steuerung mit Ressource-on-Demand-Algorithmen
Energieeffiziente IKT im Rechenzentrum
Technikbeschaffung
Konfiguration
Umweltbilanz
Miniaturisierung
Moderne Hardware
Ganzheitliche Energie- und Ressourcenoptimierung
Komponenten
Systemkonfiguration
Thermisches Management
IT2 Green
Messung von Energieverbräuchen
Datenerhebung im Vorfeld
Klimatisierung
Stromversorgung
Detailplanung
Fehlersuche
Plausibilitätsprüfung
IPMI-Werte
Kennzahlen
Bewertung von Energieeffizienz
Grüner Leitstand
Lastprognosen
Last- und Powermanagement-Verfahren
Energieorientierte Migration in die Cloud
Energetische Steuerung von Applikationen
TOSCA
Green Policies
Nachhaltige Technologiegestaltung
Energiemanagementsystem ISO 50001
Ganzheitliche Umweltbewertung
Grüne Software
Methodische Hürden
Begrenzung des Datenverkehrs
Programmiersprachen
Modulare Software
Effiziente Nutzung von Speichern

1. Einführung

Green IT – Ein Balanceakt

Green IT bezeichnet die ressourcensparende Auslegung und den energieeffizienten Betrieb von IT-Systemen, die im Bereich der Telekommunikation, der Rechenzentren und im Büroalltag anzutreffen sind. Gegenstand in diesem Leitfaden sind nicht die Energieeinsparungen, die durch die Anwendung von IKT ermöglicht werden („Green durch IT"), sondern die Reduktion des Energiebedarfs, der zum Betrieb der IKT-Systeme selbst benötigt wird („Green in der IT"). Die primären Gründe für die Beschäftigung mit dem Thema Green IT sind steigende Stromkosten, aber auch die immer konsequentere Umweltgesetzgebung und Nachfrage der Kunden nach grünen Produkten. Gleichzeitig entwickelt sich in vielen Unternehmen, Behörden und anderen Organisationen ein Bewusstsein für die Notwendigkeit einer energie- und ressourcensparenden Betriebsführung und das damit verbundene Potenzial zur Kosteneinsparung.

> Energieeffizienz und Dienstgüte müssen gemeinsam gedacht und umgesetzt werden.

In der heutigen Praxis sind bereits viele Strategien zur Steigerung der Energieeffizienz im Rechenzentrum und Bürobetrieb bekannt. Literatur, Internet-Blogs, Konferenzen und Dienstleister erlauben eine umfassende Beratung. Einfache Maßnahmen können meist sehr schnell umgesetzt werden. Doch gerade die Realisierung von größeren Energieeinsparungen durch eine bessere Dimensionierung und Auslastung sowie eine dynamischere Nutzung der IT-Systeme führt häufig zu komplexeren Planungsaufgaben und Initialkosten. Darüber hinaus kommt es in der Nutzung zu einem schwierigen Zielkonflikt. Da der prinzipielle Ansatz zur Energieeinsparung in einer bedarfsgerechten Bereitstellung von IT-Ressourcen besteht, und dies meist nur durch eine teilweise oder vollständige Abschaltung aktiver IT-Elemente erzielt wird, kommt es häufig zu einer Reduktion der Verfügbarkeit. Die Einhaltung der vereinbarten Dienstgüte (Quality of Service) ist jedoch für IT-Verantwortliche essenziell. Das IT-System soll „stabil" laufen und für die Nutzer keinen „Komfortverlust" mit sich bringen. Kurz gesagt: Energieeffizienz und Dienstgüte müssen gemeinsam gedacht und umgesetzt werden.

Die Etablierung eines energie- und ressourcensparenden IT-Systems wird für die IT-Verantwortlichen in Unternehmen und Behörden immer dann zum Balanceakt, wenn die Prioritäten nicht klar gesetzt sind. Daher ist es wichtig, Green IT ganzheitlich zu betrachten und die positiven betriebswirtschaftlichen Aspekte wahrzunehmen und zu artikulieren. Des Weiteren sollte erkannt werden, dass mit der Adressierung von Green IT eine intensive Auseinandersetzung mit den eigenen IT-Infrastrukturen und Geschäftsprozessen beginnt – was zusätzlich große Vorteile mit sich bringt.

Von Green IT profitieren

Green IT forciert Innovation und Lernprozesse im Unternehmen und zeigt sehr schnell, wie wichtig eine bereichsübergreifende Zusammenarbeit ist. In diesem Umstand liegt die Nachhaltigkeit von Green IT-Maßnahmen begründet. Viele Mitarbeiter können sich über dieses Thema im Unternehmen profilieren. Dies hilft der eigenen Darstellung nach innen und nach außen. Der vorliegende Leitfaden richtet sich dabei insbesondere an IT-Verantwortliche in kleinen und mittelständischen Unternehmen, Behörden und anderen Einrichtungen, die IKT-Endgeräte in Büros und IT-Systeme in Serverräumen und Rechenzentren eigenständig betreiben. Aber auch Entscheidungsträger und Nutzer, die den IT-Ressourcenbedarf definieren und einfordern, können von diesem Leitfaden profitieren, da er wesentliche Prinzipien und praktisches Grundlagenwissen für eine energieeffiziente Gestaltung und Nutzung von IT-Systemen vermittelt. Der Leitfaden soll Argumente für die Umsetzung von Green IT im Unternehmen an die Hand geben und motivieren, kontinuierlich an dem Ziel der Energie- und Ressourceneinsparung zu arbeiten.

> Green IT ist wie Training – man muss es ständig tun, um fit zu bleiben.

IT-Verantwortliche stehen nicht nur im Kontext von Green IT vor zwei wesentlichen Herausforderungen. Erstens müssen die vorhandenen IT-Ressourcen effektiv und in definierter Qualität den Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Hierfür müssen kontinuierliche Verbesserungsprozesse etabliert und erfolgreich umgesetzt werden. Zweitens muss der sich dynamisch entwickelnde IT-Ressourcenbedarf periodisch analysiert werden, um mittelfristig wichtige Entscheidungen für die weitere Planung treffen zu können.

Auf der CeBIT 2014 in Hannover präsentierten die IT2Green-Projekte ihre Lösungsansätze für energieeffiziente IKT.

Bei der Entwicklung neuer IT-Strategien kommt es darauf an, den IT-Ressourcenbedarf gut zu prognostizieren und mit neuen technischen Möglichkeiten abzugleichen. Die anhaltend hohe Technologiedynamik – gepaart mit einer weiterhin steigenden Nutzungsintensität – erfordert in diesem Zusammenhang sowohl eine kontinuierliche Zustandsüberwachung der vorhandenen IT-Systeme als auch eine periodische Analyse von Nutzerbedürfnissen und neuen technologischen Optionen.

Grundlagen

Der vorliegende Leitfaden beinhaltet ein methodisches Grundgerüst, auf dessen Basis Green IT Vorhaben in Unternehmen und Behörden umgesetzt werden können. Inhalte und Praxisbeispiele resultieren maßgeblich aus den Forschungsergebnissen des IT2Green-Programms. Mit der vorliegenden Broschüre können sicherlich nicht alle Strategien und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz technisch detailliert dargelegt werden. Ziel ist es vielmehr, kausale Zusammenhänge zwischen Technikentwicklung und -nutzung sowie Energie- und Ressourcenverbräuchen zu erläutern. Des Weiteren sollen in diesem Leitfaden wichtige Grundlagen beispielsweise zur Messung von Last- und Stromverbräuchen im Rechenzentrum und der Büroumgebung vermittelt werden.

Die IT2Green-Projekte demonstrieren anschaulich, wie anspruchsvoll beispielsweise aussagekräftige Stromverbrauchsmessungen sein können.

Vor allem Antworten auf die Frage nach der eigenen Energieeffizienz oder die Frage, welche Technologien und Maßnahmen erzielen welche Einsparungseffekte und wie prüft man die Kontinuität dieser Effekte, sind oftmals schwierig zu beantworten. Doch genau diese Themen und Fragestellungen sind essenziell für den Erfolg von grünen Informations- und Kommunikationstechnologien in der Praxis.

Aufbau des Leitfadens

Der Leitfaden ist in zwei Themengebiete aufgeteilt:

- „Energieeffiziente IKT im Büro“ (S. 9) und
- „Energieeffiziente IKT im Rechenzentrum“ (S. 21)

Das erste Themengebiet greift den energieeffizienten Betrieb von Endgeräten in Büroraumumgebungen sowie generelle Arbeitsplatzkonzepte auf, präsentiert Einstellungen für ein energiesparendes Power Management und ein energieeffizientes WLAN und stellt Stromverbrauchsanalysen von IT-Ressourcen anhand des realen Nutzerbedarfs vor.

Im zweiten Teil des Leitfadens werden energierelevante Fragestellungen in Rechenzentren inklusive Technikbeschaffung und Konfiguration sowie ganzheitliche Energie- und Ressourcenoptimierung diskutiert. Zudem werden Möglichkeiten zur Messung von Energieverbräuchen und die Energieeffizienz-Kennzahlen vorgestellt. Des Weiteren werden Konzepte zur effizienten Steuerung von Rechenzentren über einen Grünen Leitstand und Lösungen für eine Migration in die Cloud präsentiert.

Einstieg zu spezifischen Informationen

Der vorliegende Leitfaden kann nur eine begrenzte Anzahl von Themen anschneiden und einige beispielhafte Lösungen aufzeigen. Die Realität ist jedoch weitaus umfangreicher und vielfältiger. Der Leitfaden versteht sich daher nicht als alleiniges Nachschlagewerk, sondern als erster Einstieg zu spezifischen Informationen. An mehreren Stellen werden Hinweise zu weiterführender Literatur, zu interessanten Kontaktstellen und Organisationen gegeben. Neben den Hinweisen im Text finden sich auch im Literaturverzeichnis Verweise sowie eine Sammlung hilfreicher Internetadressen zum Thema Green IT.

Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Green IT sollte als kontinuierlicher Verbesserungsprozess verstanden werden, denn die IT eines Unternehmens verändert sich ständig – in immer kürzeren Intervallen und mit immer höheren Verfügbarkeitsanforderungen. Der amerikanische Wissenschaftler William Edwards Deming (1900–1993) formulierte mit dem PDCA-Zyklus eine Grundlage kontinuierlicher Verbesserungsprozesse. PDCA steht für die englischen Begriffe „Plan – Do – Check – Act“, was im Deutschen mit den Begriffen „Planen – Durchführen – Überprüfen – Anpassen“ übersetzt werden kann. Mit diesen vier Schritten wird ein Handlungsparadigma beschrieben, das heute im Qualitäts- und Umweltmanagement am weitesten Verbreitung gefunden hat. Für die Implementierung von Green IT wird dieses methodische Vorgehen konzeptionell übernommen und in eine praxisbezogene Projektstruktur überführt.

1. Bestandsaufnahme: Im ersten Schritt muss die Ist-Situation in Form von Daten und Messungen erfasst, analysiert und transparent dargestellt werden. In diesem Zusammenhang sind mehrere Fragen zu beantworten: Welche IT-Systeme werden durch wen, wie und mit welchem Energiebedarf genutzt? Welche kausalen Zusammenhänge bzw. welche individuellen Besonderheiten können festgestellt werden?

2. Konzeption: Die klare Definition von Anforderungen, welche das IT-System in einem bestimmten Zeitraum erfüllen soll, ist Gegenstand des zweiten Schrittes. An dieser Stelle sind u. a. Energieeffizienzziele und Dienstgüte gegeneinander abzuwägen. Die Herausforderung besteht in der Ableitung von technischen Parametern und Produktoptionen entsprechend des individuellen Nutzerbedarfs.

3. Implementierung: In diesem Schritt sind Grundsatzentscheidungen zu treffen. Wichtig hierbei ist, alle Beteiligten und die unterschiedlichen Gewerke in einen zielführenden Prozess zu integrieren. Green IT Maßnahmen können nur von einem interdisziplinären Team erfolgreich geplant und umgesetzt werden. Die Unterstützung aller muss gewährleistet sein. Dabei hilft es, den betriebswirtschaftlichen und individuellen Nutzen von Green IT so gut wie möglich zu quantifizieren.

4. Nutzungsoptimierung: Mit der Implementierung von Green IT Maßnahmen beginnt ein kontinuierlicher Prüf- und Verbesserungsprozess. Im praktischen Betrieb ändern sich die Bedingungen und zeigen sich individuelle Probleme. Durch Software und Anwendungen induzierte Entwicklungen müssen fortlaufend beobachtet und in einem Monitoring-Konzept integriert werden. Die stetige Steigerung der Auslastung bzw. bedarfsgerechten Nutzung vorhandener IT-Ressourcen und die Individualisierung eines funktionalen Energiemanagements sind oberste Ziele im letzten Schritt.

2. Energieeffiziente IKT im Büro

Die IKT am Büroarbeitsplatz unterliegt seit einigen Jahren einem substanziellen Wandel, der auch den Energie- und Ressourcenverbrauch betrifft. Die Rechentechnik wird kompakter und mobiler, was sich positiv auf die Entwicklung ressourcenschonender Technologien auswirkt. Der steigenden Energieeffizienz einzelner Geräte stehen jedoch rechenintensivere Softwareanwendungen wie Simulationen oder Grafikprogramme und eine steigende Zahl genutzter Geräte gegenüber. So sind z. B. immer mehr Arbeitsplätze mit mehreren Monitoren ausgestattet, sodass der Gesamtstromverbrauch trotz geringerem Energieverbrauch der einzelnen Geräte steigt. Hinzu kommt, dass viele Produkte eine relativ kurze Lebensdauer haben, sodass die Umweltbilanz stärker von Material und Energieeinsatz in der Produktionsphase bestimmt wird. Die Effizienzsteigerungen in der Nutzungsphase verlieren daher bei kurzlebigen Produkten an relativem Wert.

Die durchgängige Verfügbarkeit einer hohen Bandbreite ermöglicht die Auslagerung von Rechenoperationen in die Cloud. Die Endgeräte können daher schlanker ausgestattet werden (Thin Clients) und verbrauchen so weniger Energie. Ob sich dies tatsächlich positiv auf die Gesamtumweltbilanz auswirkt, hängt vorwiegend davon ab, ob in den Rechenzentren lastadaptive Netzwerktechnik verwendet wird, was in der Praxis bisher eher selten der Fall ist.

Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die nächsten Kapitel, in denen wichtige Aspekte der Energieeffizienz am Arbeitsplatz detaillierter vorgestellt werden.

Arbeitsplatzkonzepte

Im Kapitel „Arbeitsplatzkonzepte“ werden technische Trends vorgestellt, die eine Voraussetzung für energiesparende IKT-Arbeitsplatzkonzepte bilden. Der Schwerpunkt liegt auf der praktischen Umsetzung neuer Konzepte und der Verbesserung heterogen gewachsener IKT-Systeme in der Praxis. Dabei wird der Interaktion mit dem IKT-Nutzer im Büro besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Erhebung, Analyse und Optimierung der Wechselwirkung des Nutzers mit den ihm zur Verfügung stehenden IT-Ressourcen ist ein wesentlicher Schlüssel zur Steigerung der Energieeffizienz. Anhand von konkreten Ergebnissen aus den IT2Green-Projekten werden exemplarisch Methoden und Handlungsweisen vorgestellt.

Power Management und Nutzerakzeptanz

Viele neue Endgeräte verfügen bereits über umfangreiche Power Management Optionen. Im Kapitel „Power Management und Nutzerakzeptanz“ werden die Herausforderungen beim Umgang mit effektiven Stromspareinstellungen beschrieben. Hier geht es vor allem darum, eine gute Balance zwischen Nutzerkomfort und Energieeinsparung zu finden. Zudem werden ganzheitliche Sensor- und Steuerungssysteme vorgestellt, die mittels einer Anwesenheitserkennung sowohl die IKT-Systeme als auch die erweiterte Gebäudeinfrastruktur wie Beleuchtung und Heizung steuern. Diese durchgängigen Softwarelösungen können weitere Energiesparpotenziale erschließen, was jedoch eine deutlich detailliertere Planung – und in den meisten Fällen auch eine gewisse Anzahl von Nutzern – erfordert, damit sie rentabel sind.

Stromverbrauchsanalyse

Da der Nutzer und seine Tätigkeit den IT-Ressourcenbedarf am Büroarbeitsplatz definieren, besteht eine Wechselwirkung seines Handelns auch in Hinsicht auf die Energieeffizienz. Das Kapitel „Stromverbrauchsanalyse“ geht auf die detaillierte Messung und Analyse von endnutzerbezogenen Stromverbräuchen ein. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass der Datenschutz beim Energiemonitoring stets im Auge behalten wird. Welche grundlegenden Anforderungen dabei zu beachten sind, beschreibt das Kapitel.

Nutzer steuert IT-Ressourcen

Die Bedürfnisse des Nutzers, die empfundene Geschwindigkeit und die Qualität der genutzten IT-Services lassen sich in Optimierungsprozessen nur schwer bestimmen und werden zu selten als Regelgröße berücksichtigt. Das Projekt „GreenIT Cockpit“ hat einen Weg gefunden, Regelgrößen automatisiert zu erfassen und zur (Energie-)Optimierung der Antwortzeiten des Rechenzentrums zu nutzen.

Energieoptimiertes WLAN

Neben den „sichtbaren“ Endgeräten im Büro, bietet auch das WLAN einige Optimierungspotenziale. Ein Beispiel für eine gelungene Optimierung bietet die Universität Pader-

born im Rahmen des IT2Green-Projektes „GreenPAD“. Hier wird exemplarisch die praxisnahe Messung und Analyse vorgestellt. Mit konkreten Daten und Fakten werden reale Größenordnungen und Einsparpotenziale vorgestellt, die gute Anknüpfungspunkte für entsprechende Maßnahmen vermitteln.

2.1. Arbeitsplatzkonzepte

Technologie und Anwendungen kennen

Wie viel Energie die IKT im Büro benötigt, hängt stark vom anwendungsorientierten IKT-Konzept und dem Einsatz angemessen konfigurierter Produkte ab. Je präziser die Anwendungsanforderungen bekannt sind und diese als Software- und Hardware-Details spezifiziert werden können, desto besser lassen sich diese Anforderungen mit den am Markt erhältlichen Produkten aufeinander abstimmen. Mit anderen Worten: Es ist wichtig, Bedürfnisse und technische Möglichkeiten genau zu kennen. Beides lässt sich nur durch ein fortlaufendes Monitoring bewerkstelligen.

Bei den IKT-Endgeräten auf dem Markt nimmt die Spezialisierung noch immer zu. Das erkennt man insbesondere daran, dass die Leistungskennwerte für die Rechenleistung, Speicherkapazität und Netzwerkfähigkeit ebenso vielfältig ausfallen wie die Anwendungen. Für Unternehmen empfiehlt es sich daher, von den Softwarebedürfnissen bzw. Softwareoptionen ausgehend ein IKT-Konzept zu entwickeln und anhand der aktuellen Möglichkeiten neuer Technologien und Produkte die grundlegenden Architektur- und Leistungsparameter zu definieren.

Moderne Geräte sind energieeffizient

Die Energieeffizienz von IKT-Endgeräten befindet sich heute auf einem sehr hohen Niveau. Produktbezogene Umweltgesetzgebungen, Energielabel und die Durchführungsmaßnahmen der europäischen Ökodesign-Richtlinie haben einen gewissen Druck auf die Hersteller ausgeübt. Doch entscheidender für die Verbesserung sind einerseits das technische Problem einer potenziell steigenden Energiedichte und andererseits das anwendungsorientierte Bedürfnis der Mobilität.

Die Miniaturisierung im Bereich der Halbleiterbauelemente folgt seit Jahrzehnten einem regelmäßigen Zyklus. Etwa alle zwei Jahre verdoppelt sich die Anzahl der Transistoren pro Flächeneinheit. Damit die Energiedichte und damit die Abwärme nicht im gleichen Maße zunimmt, wird durch eine Spannungsreduktion gegengesteuert. Die fortschreitende Leistungssteigerung geht daher mit einem gleichbleibenden oder sinkenden Strombedarf einher. In der Tabelle ist erkennbar, dass sich die durchschnittliche Leistungsaufnahme von Rechnern im Ruhezustand und Leerlauf über einen Zeitraum von zwei Jahren um etwa 20 Prozent verringert hat.

Energy Star Programm		Ruhezustand / Sleep (W)		Leerlauf / Idle (W)	
Produkt	Klasse	2010/2011	2012/2013	2010/2011	2012/2013
Desktop PC	B	2,1	1,9	36,1	31,8
	C	2,5	1,8	46,9	37,9
Notebooks	B	1,3	0,7	13,3	8,2
	C	1,9	1,8	23,3	18,8

Der zweite Treiber der Energieeffizienz ist der Wunsch nach Mobilität. Die begrenzten und sich vergleichsweise nur langsam verbessernden Batteriekapazitäten erfordern anspruchsvolle Stromspartechnologien, um funktionale und anspruchsvolle Mobilgeräte zu realisieren. Viele Innovationen aus der Entwicklung von Laptops und Mobiltelefonen sind zum Standard geworden. So wurden sowohl Computer als auch Monitore – besonders durch den Wechsel zu LED-Backlights – deutlich sparsamer.

Wegen dieser positiven Entwicklung der Endgeräte können Unternehmen, die IKT-Systeme einkaufen und nutzen, auch weiterhin von einem großen Optimierungspotenzial profitieren. Bei der Beschaffung sollte der konkrete Energieverbrauch stets mitbetrachtet werden. Dies betrifft die generelle Leistungsaufnahme der Hardware aber auch die Wahl von 0-Watt-Netzteilen. Gleichzeitig gilt bei der Beschaffung neuer Hardware zu beachten, welcher Nutzer wie viel Rechenleistung benötigt und ob es eventuell Überkapazitäten gibt.

Nach fast drei Dekaden kontinuierlicher Leistungssteigerung bei konventionellen PCs (Fat Clients) nutzen aktuelle Technologien und Produkte die leistungsfähigen Netzwerkoptionen für schlankere Cloud-basierte Arbeitsplatzkon-

Je präziser die Softwareanforderungen der Nutzer bekannt sind, desto besser lassen sie sich mit den am Markt erhältlichen IT-Produkten abstimmen.

zepte (Thin Clients). Dazwischen gibt es eine Vielzahl hybrider Optionen, die arbeitsplatzspezifische Anforderungen, wie etwa hohe Mobilität oder Sicherheit, berücksichtigen.

Thin or not to(o) thin

Eine detaillierte Bedarfsanalyse ist notwendig, um zu bestimmen, welches Arbeitsplatzkonzept und welche Hardware angemessen sind. Hierzu sollten neben der Erfassung der bestehenden Hardware folgende Fragen beantwortet werden:

- Welcher bzw. wie viele Nutzer brauchen wie viel Rechenkapazität?
- Welche Nutzer arbeiten mobil und in welchem Umfang?
- Wird bereits Server-basiertes Computing für einzelne Anwendungen – wie rechenintensive Simulationen – genutzt?

Basierend auf dem ermittelten Bedarf kann sich ein Thin-Client-Konzept lohnen, sofern einzelne unregelmäßige Anwendungen hohe Rechenkapazität benötigen und gleichzeitig wenig mobil gearbeitet wird. Dann ist auch ein Effizienzgewinn gegenüber der dauerhaften Ausstattung der Mitarbeiter mit High-Performance-Rechnern zu erwarten.

Der Strombedarf einzelner Arbeitsplätze ist bei den Thin-Clients deutlich niedriger. Allerdings werden die eingesparten Ressourcen zum Teil an anderer Stelle benötigt. Neben dem Betrieb von Servern sollten eine entsprechende Infrastruktur und eine ausreichende Netzkapazität gewährleistet sein, um die Wahrscheinlichkeit von Überlastausfällen zu minimieren.

Werden bereits viele serverbasierte Anwendungen genutzt, ist der Umstieg auf Thin-Clients aufgrund der vorhandenen Netzwerk- und Hardwareinfrastruktur häufig einfacher und kann zu wesentlichen Einsparungen führen.

Nutzen Mitarbeiter hingegen gängige Office-Anwendungen, können auch Mini-PCs einen energetischen Vorteil gegenüber Standard-Desktops oder Server-basierten Thin-Clients bieten. Bei häufigen mobilen Arbeitstätigkeiten, beispielsweise durch Dienstreisen, kann die Ausstattung der Mitarbeiter mit Laptops die beste Alternative darstellen. Diese sind im Betrieb mit Docking-Stationen und externem Monitor deutlich effizienter als herkömmliche Desktop-PCs. Neben dem reinen Energieverbrauch sind aber auch Aspekte wie Kosten, Wartungs- und Nutzerfreundlichkeit sowie der Sicherheitsaspekt mitzudenken. Dazu sollte auch geklärt werden, ob und wie umfangreich

ein Umstieg auf ein anderes Arbeitsplatzkonzept ist und welche Vor- und Nachteile damit verbunden sind.

Ein wichtiger Aspekt bei der Umstellung auf Thin-Clients ist die Datensicherheit. Vor allem dann, wenn die Sicherheitsmaßnahmen unzureichend sind, besteht die Gefahr, dass aufgrund der geteilten Ressourcen eher eine größere Menge an Daten unbefugt abgegriffen werden kann, als dies bei autonomen Rechnern möglich wäre. Gleichzeitig wird jedoch die Gefahr minimiert, dass vom Nutzer verursachte sicherheitsrelevante Fehler den Server-Betrieb negativ beeinflussen – da sicherheitsrelevante Einstellungen auf gut überwachten Servern vom Nutzer in der Regel nicht verändert werden können.

Neben der Datensicherheit ist auch die Verfügbarkeit ein entscheidender Punkt, der bei Nutzung von Thin-Clients beachtet werden muss. Der Ausfall einzelner Rechner, egal ob Thin-Clients oder Desktops, ist unproblematisch für die Arbeit der Belegschaft. Steht das Netzwerk aufgrund technischer Störungen nicht zur Verfügung, wäre die Arbeit am lokalen Rechner oft noch möglich. Thin-Clients hingegen verlieren in solchen Fällen – mangels eigener Hardware – ihre komplette Funktionalität.

Die Cloud

Der Betrieb eigener Server verursacht hohe Fixkosten und stellt ein gewisses Risiko dar. Alternativ bieten sich Auslagerungen in eine Cloud an. Die so gemieteten Dienste können auch im laufenden Betrieb günstiger sein, da die Kosten des Betriebes von Überkapazitäten und Notstromaggregaten unter den Nutzern geteilt werden. Aber auch aus Energiesicht können Cloud-Lösungen vorteilhaft sein, da Skaleneffekte genutzt werden.[1] Durch die Wahl eines angemessen großen Rechenzentrums oder dedizierter Lösungen ist die Verfügbarkeit gewährleistet und selbst ein Systemausfall abgesichert.

Allerdings besteht auch bei diesen Lösungen ein Zielkonflikt mit dem Datenschutz. Denn möglicherweise werden die Daten auf Gebieten gespeichert, die von den notwendigen Datenschutzbestimmungen nicht abgedeckt sind. Durch das übliche Vorgehen, Datenpakete möglichst auf dem günstigsten Weg zu übermitteln, dienen solche Regionen aber oftmals auch als Transitstaat. Erfolgt die Übermittlung schwach oder gar unverschlüsselt, wird Datenspionage enorm erleichtert. Neben erheblichen Imageschäden können auch Regressanforderungen entstehen, für die Rückstellungen gebildet oder zusätzliche Versicherungen abgeschlossen werden müssen. Der möglicherweise erhebliche finanzielle Schaden muss den Einsparungen gegenüber gestellt werden. Das Thema der Rechtssicherheit wird deshalb immer häufiger in entsprechenden Technologieprogrammen berücksichtigt – wie etwa im Programm „Trusted Cloud“. [2]

2.2. Power Management und Nutzerakzeptanz

Beim Energiesparen bei den Endgeräten steht an erster Stelle die zuvor beschriebene Auswahl der generellen Arbeitsplatzkonzepte und der zu verwendenden Geräte. Darauf aufbauend können bei der Implementierung zahlreiche spezifische Optimierungen vorgenommen werden. Moderne IKT-Endgeräte verfügen über weitreichende, vorinstallierte Möglichkeiten zum Energiesparen. Die Voreinstellungen dieses Power Managements sollten bei der Implementierung überprüft und für die arbeitsplatzspezifischen Anforderungen angepasst werden.

Allgemeine und individuelle Voreinstellungen

Generell sollten bei PCs, Laptops und Monitoren die Voreinstellungen zum Bereitschaftsbetrieb (Standby) möglichst kurz sein, um das Energiesparpotenzial vollständig auszunutzen. Durch die heute sehr schnellen Reaktivierungszeiten von lediglich wenigen Sekunden aus dem Standby-Modus führt dies kaum noch zu Problemen in der Nutzerakzeptanz. Probleme kann es jedoch geben, wenn sich durch Sicherheitseinstellungen lange Reaktivierungs- und Einlog-Zeiten ergeben (z. B. durch Sicherheitsabstimmungen mit dem Netzwerk), die zur Verzögerung im Arbeitsablauf führen. In diesen Fällen sollte in erster Instanz geprüft werden, ob die Sicherheitsüberprüfungen nach

1 Eric Masanet, Arman Shehabi, Lavanya Ramakrishnan, Jiaqi Liang, Xiaohui Ma, Benjamin Walker, Valerie Hendrix, Pradeep Mantha: The Energy Efficiency Potential of Cloud-based Software: A U.S. Case Study, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013, http://crd.lbl.gov/assets/pubs_presos/ACS/cloud_efficiency_study.pdf

2 Technologieprogramm “Trusted Cloud” des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie: www.trusted-cloud.de

jeder Reaktivierung notwendig sind oder z. B. auf einmal pro 24 Stunden reduziert werden könnten. Hierdurch können die Potenziale des Power Managements ausgeschöpft werden, ohne die Arbeit des Nutzers zu verzögern. Ist dies nicht möglich, sollte in Abstimmung mit den Nutzern eine etwas längere Zeit bis zum Eintreten des Standby-Modus gewählt werden.

Ebenso sollte bei der Implementierung überprüft werden, ob es spezielle Nutzergruppen gibt, bei denen das voreingestellte Power Management und damit der automatische Wechsel in den Standby-Modus eine aktive Anwendung abbricht. Typische Beispiele hierfür sind Programme mit Datenbankanwendungen oder Simulationen. Ein Kompatibilitätstest der Energiespareinstellung des Arbeitsplatzcomputers mit firmenrelevanter Software und IT-Architekturen wird empfohlen.

Um Arbeitsplatzcomputer sehr schnell in einen Energiesparzustand zu versetzen, können alternativ auch sogenannte Standby-Schalter genutzt werden. Dabei kann der Nutzer beim Verlassen des Arbeitsplatzes den PC schnell und einfach über eine Taste am PC oder an der Tastatur in Standby versetzen und bei der Wiederaufnahme der Arbeit durch den gleichen Schalter den PC wieder anschalten. Schalter an der Tastatur werden dabei aufgrund des leichteren Erreichens häufiger genutzt als Schalter am PC. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass kein Zeitverlust bis zum automatischen Standby eintritt, erfordert aber die aktive Mitarbeit des Nutzers.

Optimal ist eine Kombination von zeitgesteuertem Power Management, Standby-Schalter an der Tastatur und Sensibilisierung und Aufklärung der Mitarbeiter zum Thema Energieverbrauch und Standby.

Bei den Grundeinstellungen zum Power Management sollte grundsätzlich festgelegt werden, welcher Energiesparmodus genutzt werden soll.

Gesetzliche Regelung zum Ruhezustand

Im PC-Bereich werden Energiesparmodi nach dem Standard Advanced Configuration and Power Interface (ACPI) klassifiziert. Der Ruhezustand ACPI-Systemlevel S3 (Suspend to RAM) ist der gewöhnliche Standby-Modus. Die Reaktivierung aus diesem Zustand liegt heute im Sekundenbereich.

Entsprechend der neuen Verordnung EU 617/2013 zur Durchführung der Europäischen Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG) bei Computern darf ab dem 1. Juli 2014 bei Desktop-Computern der Stromverbrauch im Ruhezustand 5 Watt und bei Notebook-Computern 3 Watt nicht überschreiten. Bei Wake-on-LAN (WOL) Funktion ist eine zusätzliche Leistungsaufnahme von 0,7 Watt zulässig. Desktop-Computer und integrierte Desktop-Computer mit einem Stromverbrauch im Leerlaufzustand (Idle) von höchstens 10 Watt müssen nicht über einen gesonderten Ruhezustand verfügen. Im Aus-Zustand dürfen alle Produkte 1 Watt nicht überschreiten. Für die Voreinstellung des Power Managements gibt es keine gesetzlichen Vorgaben, die gängigen Empfehlungen liegen jedoch in einem Bereich von 10 bis 20 Minuten.

Monitor

Neben dem Arbeitsplatzcomputer sollte auch für den Monitor ein striktes Power Management gelten. Moderne LED-, LCD- und OLED-Displays sind zwar sehr sparsam, aber aufgrund immer größerer Bildschirmdiagonalen und dem Trend zum Zweitdisplay ist der Gesamtstromverbrauch der Monitore nicht unwesentlich. Aufgrund der unmittelbaren Reaktivierung können Monitore mit einem sehr straffen Energiesparregime eingestellt werden.

Im Normalfall sollten für Monitore kürzere Zeitintervalle von 2 bis 10 Minuten gelten. Die Nutzerakzeptanz beim Monitor-Standby kann dadurch erhöht werden, dass der Bildschirm nicht abrupt schwarz geschaltet sondern in einer kurzen Vorstufe erst gedimmt wird. Damit erhält der Nutzer ein Reaktionsfenster und der Anwendungskomfort wird erhalten.

Mobile Geräte

Bei Laptops kann Power Management neben den direkten Energieeinsparungen auch zu positiven Effekten bezüglich der Batterielebensdauer beitragen. Daher sollte geprüft werden, ob die Ladeeinstellungen angepasst werden können um diese Erhöhung der Lebensdauer zu erreichen. Hierfür sollten sehr kurze Ladevorgänge vermieden

Eine exakte Analyse der Nutzungszeiten ermöglicht erhebliche Stromeinsparungen.

und die Batterie nicht dauerhaft bei 100 Prozent Ladung gehalten werden. Außerdem kann über die Voreinstellung der Energiemanagementoptionen eingestellt werden, bei welcher Akkuladung mit dem Laden begonnen werden soll (z. B. Ladeschwelle erst unter 80 Prozent), wobei auch hier die Bedürfnisse des Nutzers zu beachten sind.

Lastprofile - Unterschiede wie Tag und Nacht

Für eine optimale Einstellung des Power Managements kann es sinnvoll sein, Lastprofile verschiedener Mitarbeiter(typen) zu erheben, wobei starke Diskrepanzen auftreten können:

- Abwesenheitszeiten variieren häufig stark zwischen Angestellten und Führungskräften (z. B. viele Meetings).
- Unterschiedliche Aufgabengebiete benötigen z. T. unterschiedliche Hardware bzw. Rechenkapazität mit unterschiedlichen Lastprofilen und Anforderungen an das Power Management.

Adaptive Systeme, die auf eine erweiterte Infrastruktur setzen (Anwesenheitserkennung, Steuerung von IKT-Systemen sowie Beleuchtung und Heizung über die gleiche Software), können weitere Energiesparpotenziale erschließen, erfordern jedoch detaillierte Planung und in den meisten Fällen auch eine gewisse Anzahl von Nutzern, damit sie rentabel sind. Bedingung dafür ist eine detaillierte Analyse des Stromverbrauchs, wie sie exemplarisch im nächsten Kapitel vorgestellt wird.

2.3. Stromverbrauchsanalyse

Moderne Geräte verfügen bereits über ein dezidiertes Power-Management. Trotzdem werden noch nicht alle Energiesparpotenziale ausgeschöpft. Dies kann sowohl an der Nutzerakzeptanz als auch an der Gestaltung der Arbeitszeit liegen. Die Dauer der Reaktivierung kann ein Ausschlusskriterium für den sparsamen Umgang mit Ressourcen sein. Bei modernen Computern ist diese zwar recht kurz, jedoch wird auch eine kleine Verzögerung oft als unangenehm empfunden. Ist dieser Aufwand einer Reaktivierung gegenüber einer kürzeren Arbeitsunterbrechung allzu groß, wird der Energiesparmodus in der Regel nicht aktiviert und das zeitgesteuerte Power Management greift (noch) nicht, sodass der Computer eingeschaltet bleibt.

Häufige Pausen zwischen aktiver Nutzung

Im IT2Green-Projekt **pinta** wurden die realen Abwesenheitszeiten von Nutzern ermittelt. In einem Versuch wurden zwölf Mitarbeiter unterschiedlicher Bereiche 139 Tage lang auf ihre Abwesenheit hin untersucht. Zehn von ihnen wiesen eine durchschnittliche Abwesenheit von mehr als 20 Prozent der Bruttoarbeitszeit auf. Im Schnitt sind zwei

Abwesenheiten unter 5 Minuten, eine bis 15 Minuten und zwei über 15 Minuten ermittelt worden. Bei den Letzteren ist die Mittagspause eingeschlossen. In den kürzeren Abwesenheiten greift das zeitgesteuerte Power Management der Arbeitsplatzcomputer jedoch noch nicht, was einen merklichen Effizienzverlust darstellt.

Auch Messungen anderer Projekte zeigen häufige Pausen zwischen aktiven Phasen mit sehr kurzen Lastspitzen. Die meiste Zeit befinden sich die Arbeitsplatzcomputer in einem aktiven Zustand mit sehr geringer Auslastung (Idle-Mode). Erst in längeren Pausen und während der Nacht versetzt das voreingestellte Power Management die Geräte in einen Ruhezustand mit einer Leistungsaufnahme von meist deutlich weniger als 5 Watt.

Daher setzt das Projekt **pinta** darauf, die Anwesenheit von Mitarbeitern und den damit verbundenen Bedarf an lokalen IT-Geräten sensorisch zu erkennen und die computergesteuerte Abschaltung der Geräte zu koordinieren.

Um die Position der Nutzer zu ermitteln, befinden sich an Schlüsselpositionen des Büros Bewegungssensoren. Außerhalb des Büros hingegen werden Position und Bewegungsrichtung mit Hilfe einer App durch die in Smartphones verbaute Technik abgefragt und via WLAN an das pinta-System übertragen.

Auch Lösungen mit Bluetooth-Sendern sind möglich. Die Kombinationen der bürointernen und mobilen Technik ermöglicht es, die Computer je nach Situation in den Energiesparmodus zu versetzen oder ganz herunter zu fahren.

Verlässt der Mitarbeiter das Gebäude, registriert dies das System. Es kann gegebenenfalls auch Licht und Heizung herunter fahren und diese bei der Rückkehr wieder reaktivieren. Die Steuerung verläuft im Hintergrund und wird von der pinta-Plattform übernommen. Dies führt zu einem weitaus deutlicheren Einsparpotenzial und stellt einen Anreiz weit über die IT hinaus dar. Zusätzlich lassen sich auch für Versammlungsräume Profile und Zeitpläne erstellen, in denen die Infrastruktur (Heizung/Klimatisierung, Licht, evtl. Netzwerkverfügbarkeit) erst startet, sobald sie benötigt wird.

Zudem können personalisierte Einstellungen per App getätigt werden, wobei es in einem Großraumbüro selbstverständlich einiger Absprachen bedarf, die dank Administratorenfunktion und Verknüpfung aller Geräte über ein System besser erfolgen können, als per lautsprachlicher Kommunikation.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht stellen sich neben der Benutzerfreundlichkeit auch die Fragen nach der Kosten-Nutzen-Perspektive. In vielen modernen Bürogebäuden befinden sich bereits Bewegungssensoren, um im Bereich der Beleuchtung Kosten einzusparen. Auch die Anbindung an ein internes WLAN-Netz gehört mittlerweile zum Standard. Möchte man auf Smartphones verzichten, bieten sich Bluetooth-Sender an, die eine günstige Alternative sind, da nur die Infrastruktur der Bluetooth-Sender ausgebaut werden muss.

Bezogen auf den Stromverbrauch sind Energieeinsparungen von bis zu 36 Prozent gegenüber Rechnern mit Standardkonfiguration erreicht worden. Selbst gegenüber Rechnern mit optimiertem Energiesparsystem, daher einer durchschnittlichen Dauer bis zum Standby in 5 bzw. 15 Minuten (Monitor bzw. Rechner), sind durch die Kopplung an die Licht- und Heizungssteuerung beachtliche Einsparungen möglich.

Diese Ergebnisse sind im Testbetrieb ermittelt worden, bei welchem die Nutzer zur Validierung bei jeglichem Verlassen des Arbeitsplatzes ihren PC zu sperren hatten. Die dadurch mit der Software „Windows Context Detection“ gesammelten Daten wurden anschließend ausgewertet, mit den Ergebnissen der Sensorik abgeglichen und Profile verschiedener Mitarbeitertypen erstellt um tagesabhängige Einflüsse zu ermitteln. Die hierbei zu erreichenden Einsparungen hängen grundlegend vom Mitarbeitertyp ab. Je größer die Abwesenheitsdauer, desto weniger Einsparpotenzial ist seitens der IKT und Beleuchtung möglich, jedoch umso mehr im Hinblick auf Kühl- und Wärmekosten.

pinta – Pervasive Energie durch internetbasierte Telekommunikationsdienste

Projektleitung:
Jelena Mitic, Siemens AG, München
jelena.mitic@siemens.com
www.pinta-it2green.de

Nutzung analysieren und Datenschutz beachten

Die vorangehenden Beispiele zeigen, dass eine genaue Erfassung und Analyse des Nutzerverhaltens zur Dimensionierung und Einstellung eines optimalen und ggf. automatisierten Power Managements sehr zweckdienlich und sogar notwendig sein kann.

In Deutschland gilt jedoch grundsätzlich, dass Organisationen keine personenbezogenen Daten verarbeiten dürfen, wozu vor allem Bewegungs- und Anwesenheitsprofile von Mitarbeitern gehören. Dies sollte bei der Planung aller Maßnahmen beachtet werden. Allerdings gilt nach dem deutschen Datenschutzgesetz das sogenannte „Verbot mit Erlaubnisvorbehalt", das heißt: Begründbare Ausnahmen bedürfen demnach entweder einer gesetzlichen Regelung oder einer Einwilligung des Betroffenen.

> „Auf der einen Seite muss mit den endlichen Energieressourcen der Welt sorgsam umgegangen werden. Auf der anderen Seite steht die ebenso unbedingte Beachtung von Bürgerrechten einer Gesellschaftsstruktur, die den gesellschaftlich optimalen Trimm zwischen beiden Unbedingtheiten zu finden überhaupt erst möglich macht."
>
> Martin Rost vom Unabhängigen Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein (ULD) über die Vereinbarkeit von Datenschutz und Green IT

Die aktuelle Datenschutzdiskussion adressiert dabei sechs Schutzziele:[3]

- Die Sicherung von Verfügbarkeit zielt darauf ab, dass ein Verfahren zeitgerecht zur Verfügung steht und ordnungsgemäß angewendet werden kann. Eine wesentliche Schutzmaßnahme ist die redundante Auslegung von Datenbeständen, Systemen und Prozessen.
- Die Sicherung von Vertraulichkeit zielt darauf ab, dass nur befugt auf Verfahren und Daten zugegriffen werden kann. Die Umsetzung geschieht durch Abschottung von Systemen und Prozessen und Rollentrennungen sowie Verschlüsselung von Daten und Kommunikation.
- Die Sicherung der Integrität zielt darauf ab, dass Verfahren unversehrt, zurechenbar und vollständig bleiben. Das bedeutet: Bei Daten werden Hash-Werte und bei Prozessen Soll-/Ist-Zustände verglichen sowie Hardware und Software extern auditiert.
- Die Sicherung der Transparenz zielt darauf ab, dass die Verarbeitung von personenbezogenen Daten mit zumutbarem Aufwand nachvollzogen, überprüft und bewertet werden kann. Deshalb sind die Komponenten eines Verfahrens vollständig zu dokumentieren und Abläufe zu protokollieren.
- Die Sicherung der Intervenierbarkeit zielt darauf ab, dass Betroffene die ihnen zustehenden Rechte wirksam durchsetzen können und Organisationen einem kontrollierten Changemanagement unterliegen. Dazu muss Betroffenen unmittelbar Zugriff auf deren Daten und Prozesse gewährt werden. Und Organisationen müssen Datenschutzprozesse in ihre Prozess-Frameworks wie z. B. ITIL oder CoBIT sowie ihr IT-Sicherheitsmanagement integrieren.
- Die Sicherung der Nichtverkettbarkeit zielt darauf ab, dass personenbezogene Daten nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand für einen anderen als den ausgewiesenen Zweck erhoben, verarbeitet und genutzt werden können. Die Umsetzung gelingt durch Anonymisierungs- und Pseudonymisierungsverfahren.

Daher ist es wichtig, bei der Datenerfassung bereits auf die Datensicherheit und Pseudomysierung und/oder Anonymisierung zu achten. Gleichzeitig sollte der Betriebsrat frühzeitig und vollständig bei allen geplanten und implementierten Maßnahmen, die Nutzerdatenerhebung betreffen, einbezogen werden.

Es muss sichergestellt werden, dass die Daten ausschließlich zu den verwendeten Zwecken (Optimierung der IT und Energieeffizienz) genutzt und nicht anderweitig ausgewertet werden.

[3] Martin Rost vom Unabhängigen Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein (ULD) über die Vereinbarkeit von Datenschutz und Green IT, http://www.it2green.de/de/1223.php

2.4. Nutzer steuert IT-Ressourcen

Quality of Experience als Stellgröße

Der Nutzer, seine Anwendungen und deren gefühlte Geschwindigkeit sollten Bemessungsgrößen bei der Dimensionierung von IT-Systemen sein. Bei der Kalkulation benötigter IT-Hardware sollten die zukünftig darauf laufenden Anwendungen daher gleich mitgedacht werden, damit für den Nutzer möglichst wenige spürbare (!) Verzögerungen auftreten. Für die verschiedenen Anwendungen können dabei durchaus unterschiedliche Wartezeiten toleriert werden, weshalb nicht immer die rechentechnisch höchstmögliche Geschwindigkeit (Millisekunden) erreicht werden muss.

Bezieht man diese Aspekte bei der Auslegung und Steuerung von Hardware, speziell bei Server- und Netzwerkinfrastruktur, mit ein, kann die Hardware optimal ausgelegt werden, ohne über- oder unterdimensioniert zu sein. Hierzu lassen sich die Reaktionszeiten eines Rechenzentrums für einzelne Anwendungen zusätzlich optimieren. Dieses Empfinden des Nutzers wird durch den Begriff „Quality of Experience“ beschrieben:

> Quality of Experience (QoE) bezeichnet ein subjektives Maß eines Kunden zur Beurteilung von Liefer- oder Dienstleistungen. Es befasst sich allgemein mit einem Angebot aus der Sicht des Kunden.

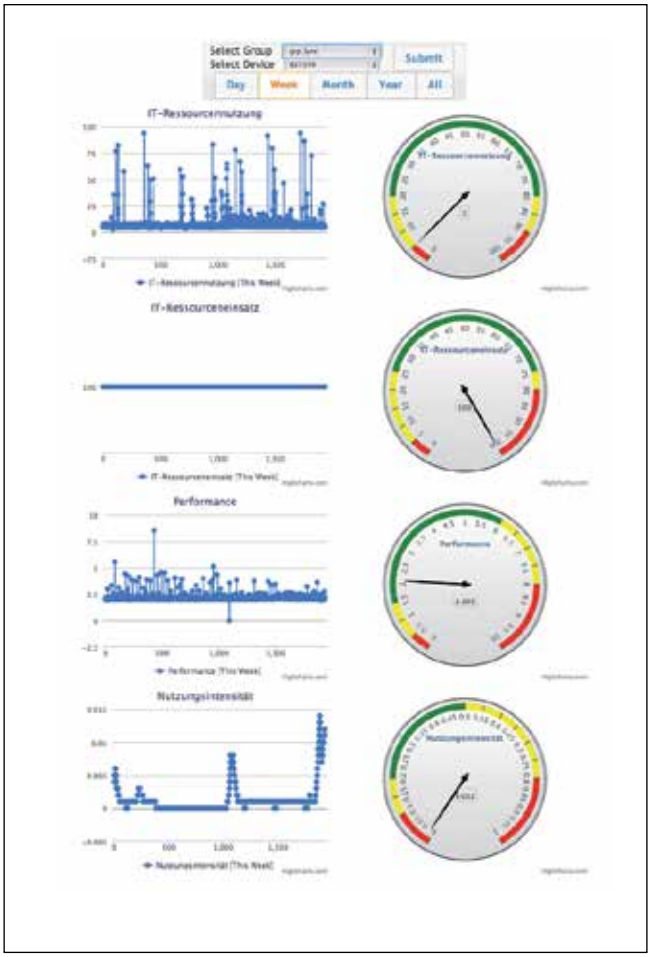
Der QoE kann bei IT-Systemen in der betrieblichen Praxis oft nur durch Befragung der Endanwender ermittelt werden. Dies muss für einzelne Anwendungen gesondert geschehen, was einen hohen Aufwand erfordert. Um nun die einzelnen Antwortzeiten im laufenden Betrieb zu bestimmen, muss das Nutzerverhalten ausgewertet werden, wobei – anders als bei der Steuerung der Betriebszustände der Endgeräte – nicht nur die reine Anwesenheit des Nutzers, sondern sein spezifisches Verhalten am PC (wann und wie lange wird welche Anwendung genutzt) gemessen werden muss.

Dies würde jedoch in einer sehr detaillierten „Überwachung“ der Nutzer münden, was im Widerspruch zu den im vorangegangenen Kapitel erläuterten Problematiken des Datenschutzes steht und mit Mitarbeitern und Betriebsräten nur im Konsens gelöst werden könnte.

Client Probe (Projekt „GreenIT Cockpit“)

Das Projekt **GreenIT Cockpit** hat für die Bestimmung des QoE einen anderen Ansatz gefunden: Stellvertretend für den Endanwender misst eine „Arbeitsplatz-Click-Probe“ kontinuierlich wenige (etwa 5 bis 8) Qualitätsmerkmale eines IT-Service (im Beispiel von **Green IT Cockpit** ist dies ein Kommunikationsdienst) als QoE-Messwert. Hierbei werden also anwendungsspezifische Lasterzeuger installiert und vermessen.

Diese vom Arbeitsplatz aus erfolgende Ende-zu-Ende-Messung bildet die aus Anwendersicht relevante Nutzung eines IT-Service automatisiert nach und stellt die erreichte Qualität (QoE) numerisch dar, z. B. als Zeit- oder Mengenmessung. Die Click-Probe ist dabei immer ein zusätzlicher Arbeitsplatzrechner, an dem nicht gearbeitet wird, um rechtliche Einschränkungen zu vermeiden.



Die aus Business-Sicht relevanten Nutzungen der IT-Services werden auf einem Dashboard angezeigt. Quelle: Axel Springer SE

Die im festen Zeitintervall erhobenen QoE-Daten werden zentral gespeichert und zusammen mit den zeitgleich verfügbaren Daten zum Energieverbrauch des IT-Service, der Systemauslastung und der aktuellen Menge der aus Business-Sicht relevanten Nutzungen dieses IT-Service, in einem Dashboard angezeigt (siehe Abbildung S. 17). Die Anzeige erfolgt als aktueller Wert (Messuhr) und im zeitlichen Verlauf mit einstellbarem Darstellungszeitraum.

Die Datensammlung wird mit Methoden der Qualitätssicherung (wie der Qualitätsregelkarte) auf Tendenzen hin überwacht, sodass eine Regelung des jeweils dafür verantwortlichen IT-Service erfolgen kann, bevor Warn- oder Fehlergrenzen überschritten werden. Der Fokus der Regelung liegt dabei auf der Optimierung des Energieverbrauchs des IT-Systems, welches den jeweiligen IT-Dienst liefert. Die Messuhren haben die Grenzwerte repräsentierende, farbige Markierungen an beiden Skalenenden (entsprechend „zu gut“ und „zu schlecht“). Die Click-Probes wurden auf Basis der Software Sikulix für Windows- und OS X-basierte Arbeitsplätze realisiert. Datensammlungen und webbasierte Anzeigen erfolgen hingegen mit MySQL und JavaScript.

Derartige anwendungsspezifische Lasterzeuger sind für unterschiedlichste Anwendungen möglich und auf den jeweiligen Einsatzort und die dort kritischen Geschäftsprozesse adaptierbar. Der Vorteil einer solchen Clientprobe gegenüber standardisierten Lasterzeugern ist, dass keine unspezifische Last im Rechenzentrum, sondern genau die gleiche Last wie die reale Anwendung auf der Maschine erzeugt wird, die den Dienst auch bearbeitet. Die reale QoE des Nutzers kann also nachgebildet und somit als Regelgröße verwendet werden und den Konflikt zwischen Energiesparen und schnellstmöglichen Reaktionszeiten auflösen.

GreenIT Cockpit – Organisationsweites, geschäftsprozessorientiertes Management-Cockpit für die Energieeffizienz von IKT

Projektleitung:
Thomas Leitert, TimeKontor AG, Berlin
thomas.leitert@timekontor.de
www.greenit-cockpit.de

2.5. Energieoptimiertes WLAN

Abschalten bei Niedriglast?

Im privaten Umfeld ist das WLAN weit verbreitet, aber auch immer mehr Unternehmen und Institutionen bieten und nutzen WLAN in ihren Gebäuden. Wie in vielen Bereichen der IT-Landschaft sind auch WLAN-Infrastrukturen häufig überdimensioniert, um im Bedarfsfall keine Engpässe aufzuweisen. Dies kann auf Flächengeländen durchaus zu relevanten Energieverbräuchen führen. Nach einer Studie von Steven Lanzisera, Bruce Nordman und Richard E. Brown verursacht die WLAN-Infrastruktur etwa 5 Prozent des Stromverbrauchs der Netzwerkinfrastruktur.[4]

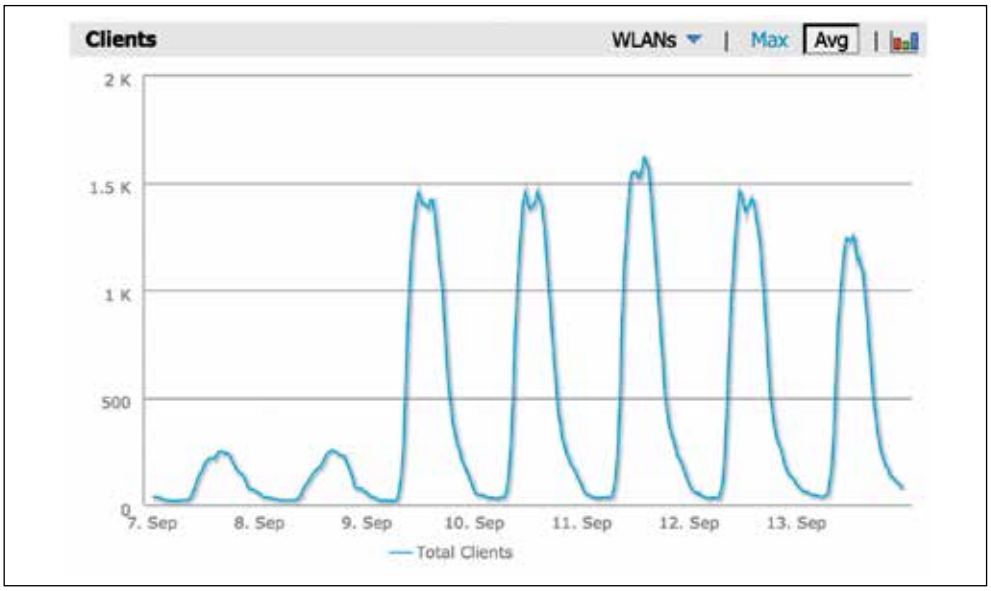
Um Energie zu sparen, ist es naheliegend, Teile der unbenutzten Infrastruktur abzuschalten und nur bei Bedarf hochzufahren. Allerdings soll gerade beim WLAN dem Nutzer diese Dienstleistung prinzipiell jederzeit, verzögerungsfrei und in voller Dienstgüte zur Verfügung stehen. Dieses Spannungsfeld hat das Projekt **GreenPad** an der Universität Paderborn genauer analysiert und Optimierungswege entwickelt.[5]

Um ein Verständnis für die Auslastung der Netze zu entwickeln, wurden zunächst das Nutzeraufkommen und die Datenmengen der einzelnen Zugangspunkte gemessen. Diese Datenanalyse bildet die Voraussetzung für die Identifizierung gering genutzter Access Points und Ansätze für einen lastadaptiven Betrieb.

An der Universität Paderborn zeigten sich große Unterschiede zwischen Wochentagen und Wochenenden sowie Tag/Nacht-Schwankungen, die Optimierungsspielräume aufzeigen. Diese recht typischen Lastprofile sind in gleicher oder ähnlicher Form auch bei Unternehmen und Behörden zu erwarten. Zudem hat die Analyse gezeigt, dass durchschnittlich 65 Prozent der Access Points nicht genutzt werden. Mit einer Komplettabschaltung aller Access Points in Niedriglastzeiten (23 bis 7 Uhr) ließen sich an der Universität Paderborn theoretisch 25 Prozent der Energie der WLAN-Infrastruktur einsparen. Allerdings stände der Dienst dann in dieser Zeit auch nicht zur Verfügung. Dies wäre zwar eine sehr simple, aber wenig nutzerfreundliche Möglichkeit.

[4] Steven Lanzisera, Bruce Nordman, and Richard E. Brown: Data Network Equipment Energy Use and Savings Potential in Buildings, Lawrence Berkeley National Laboratory, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 2010, http://www.aceee.org/files/proceedings/2010/data/papers/2195.pdf

[5] Maximilian Boehner, Sebastian Porombka, Gudrun Oevel: Energieeffizienz im WLAN, Universität Paderborn



Energieeinsparungen eines WLAN lassen sich durch einen lastabhängigen Betrieb erzielen. Quelle: Universität Paderborn

Resource-on-Demand-Algorithmen

Energieeinsparungen lassen sich aber – ähnlich dem Serverbetrieb – nicht nur durch Komplettabschaltung, sondern genauso gut auch durch einen lastabhängigen Betrieb erzielen.

Die einzelnen Access Points müssen als eine gemeinsame zu optimierende Infrastruktur und nicht als Einzelkomponenten betrachtet werden.

Das Projekt **GreenPad** untersuchte und bewertete dazu unterschiedliche Resource-on-Demand-Algorithmen zur Steuerung der Access Points:

- Green-Clustering
- IP-Green-Clustering
- sowie das neu entwickelte Green-Star-Clustering

Entscheidend dafür, ob Access Points ohne Verlust von Netzabdeckung abgeschaltet werden können, ist der Abstand der einzelnen Access Points und das eventuelle Vorliegen von Hindernissen wie Wänden. Dies könnte manuell evaluiert werden, was jedoch zu aufwendig wäre. Daher werden automatisiert auswertbare Daten wie die RSSI-Signalwerte der Access Points verwendet. Basierend auf diesen Daten kann anhand eines Algorithmus festgelegt werden, wann welcher Access Point abgeschaltet wird.

Um das erzielte Einsparpotenzial zu quantifizieren, wurde zuvor der Stromverbrauch der Access Points sowohl über Herstellerangaben (Maximalverbräuche) als auch eigene Messungen (Idle-Verbräuche und Lastabhängigkeit) erfasst.

Im Ergebnis zeigte sich, dass an der Universität Paderborn durch lastabhängigen Betrieb eine Energieeinsparung von 15 Prozent bei gleichbleibender Dienstgüte erreicht werden konnte (gegenüber 25 Prozent bei voller Abschaltung).

Basis hierfür war eine Kombination der evaluierten Algorithmen (IP-Green-Clustering in Zeiten hoher Fluktuation, Green-Star-Clustering in Zeiten niedriger Fluktuation).

Die angewendeten Strategien zur Optimierung des Energieverbrauchs der WLAN-Infrastruktur lassen sich leicht auf andere WLAN-Infrastrukturen übertragen und könnten auch direkt in zukünftige WLAN-Technologien integriert werden.

GreenPAD – Energieoptimierte IKT für regionale Wirtschafts- und Wissenscluster

Projektleitung:
Thomas Dyroff, unilab AG, Paderborn
thomas.dyroff@unilab.de
www.green-pad.de

Power
Active
Power
Active
Power
Active
Power
Active
Power
Active
Power
Active

3. Energieeffiziente IKT im Rechenzentrum

Steigende Energiekosten im Produktivbetrieb motivieren häufig zu mehr Energieeffizienz und Green IT im Rechenzentrum. Mit dem Ziel der Energieeinsparung beginnt ein anspruchsvoller Planungsprozess zur Einführung aktiver Maßnahmen. Zur Unterstützung von Green IT im Rechenzentrum gibt es vielfältige Informationen im Internet und kommerzielle Angebote für technische Lösungen am Markt.

Die Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz im Rechenzentrum sollte vom IT-Equipment ausgehend nach außen hin gestaltet werden. Dies kann bis zum kooperativen Zusammenwirken mehrerer Rechenzentren in einer geschlossenen Cloud gehen. Die Möglichkeiten zur Optimierung sind umfangreich und betreffen sowohl Aspekte der Hardware als auch der Software.

„In den vergangenen Jahren ist schon einiges passiert; gerade wenn ich daran denke, wie sich die Branche noch bis vor wenigen Jahren verhielt. Es wurde vorwiegend nach Sicherheits- und Verfügbarkeitskriterien geplant. Energieeffizienz spielte kaum eine Rolle. Heute können sich die wenigsten RZ-Betreiber ein solches Verhalten leisten."

Ulrich Terrahe, dc-ce RZ-Beratung, Frankfurt am Main

Technikbeschaffung und Konfiguration

Im ersten Stadium können selbst mit einfachen und nur geringe Kosten verursachenden Maßnahmen deutliche Einsparungen erzielt werden. Hierzu gehören die Aktivierung von existierenden Powermanagementoptionen oder beispielsweise die verbesserte Bündelung von Kabeln zur Kühlungsoptimierung im Rack. Ein breites Feld der Optimierung ist die Klimatisierung und das thermische Management. In diesem Zusammenhang sind lokale Besonderheiten und deren individuelle Möglichkeiten für kostensparende Lösungen zu untersuchen.

Auch der Betrieb unter erhöhten Temperaturbedingungen verfügt grundsätzlich über ein deutliches Stromsparpotenzial im Gesamtsystem, da der nicht unerhebliche Kühlungsaufwand reduziert werden kann. Eine solche Maßnahme ist aber nur unter der Bedingung zulässig, dass alle Technikelemente, einschließlich der Server, Speicher, Netzwerktechnik und Stromverteilung, die erhöhten Einsatztemperaturen vertragen und die Kühlung auf Schwankungen schnell reagiert. Schließlich ist auch zu bedenken, dass sich die Energieeffizienz der IT-Systeme parallel zum Performance-Zuwachs immer noch stetig verbessert. Daher hat eine regelmäßige Erneuerung der Hardware ein ebenfalls großes Optimierungspotenzial. Eine wichtige Voraussetzung für die Effizienz ist in diesem Zusammenhang die richtige Dimensionierung der IT und eine entsprechende Produktauswahl für die angestrebte Leistung und Dienstgüte.

Energie- und Ressourcenoptimierung

Substanzielle Energieeinsparungen sind zwar oft schon mit einfachen Maßnahmen zu generieren, doch eine deutlich höhere Energieeinsparung wird meist erst durch eine gezielte Auslastungssteigerung und einen lastadaptiven Betrieb aller Elemente im Rechenzentrum erzielt. Um die Energieeffizienz weiter zu steigern, müssen komplexere Wirkzusammenhänge aktiv gestaltet werden. Ein grundlegendes Ziel ist die angemessene Dimensionierung und Konsolidierung der IKT-Ressourcen im Rechenzentrum.

Die Virtualisierung, d. h. die weitgehend automatisierte Auslastung von Servern, Speichern und Netzwerktechnik, hat in diesem Zusammenhang eine hohe Bedeutung. Eine erfolgreiche Virtualisierung setzt aber auch ein hohes Maß an Interoperabilität zwischen bislang oft getrennt gesteuerten Elementen im Rechenzentrum voraus. Es ist festzustellen, dass das thermische Management mit der Virtualisierung immer komplexer wird.

Messung von Energieverbräuchen und Anwendung von Kennzahlen

Die Grundlage für ein erfolgreiches Optimierungskonzept bildet eine sorgfältige und alle Gewerke erfassende Analyse der thermischen und energetischen Bedingungen. Differenzierte und kontinuierliche Messungen von Stromverbräuchen, Lastverläufen, Auslastung und thermischen Bedingungen sind unumgänglich und bilden die Voraussetzung für die Realisierung eines performanceorientierten und gleichzeitig energieeffizienten Rechenzentrums.

In diesem Zusammenhang gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, mittels bestehender Sensorik und Softwareoptionen, oder auch zusätzlich installierter Messtechnik, detailliert die Lastprofile und Stromverbräuche der IKT und Infrastruktursysteme zu erfassen. Die Etablierung eines konti-

Die Verbesserung der Energieeffizienz eines Rechenzentrums beginnt beim IT-Equipment.

nuierlichen, angemessen dimensionierten und aussagekräftigen Last- und Energiemonitorings hat sich bei vielen Projekten als große Herausforderung erwiesen. In diesem Kapitel wird beispielhaft gezeigt, was man bei Messungen und Simulationen beachten sollte und welche Kennzahlen zur Verfügung stehen.

Grüner Leitstand und Migration in die Cloud

Die Lastverschiebung bzw. Migration von Anwendungen nicht nur im Rechenzentrum selbst sondern im Verbund mehrerer kollaborierender Rechenzentren (Cloud) führt nur dann zur Energieeinsparung, wenn ein hoher Automatisierungsgrad und Interoperabilität von Systemkomponenten gegeben sind. In dieser Form können beispielweise günstige lokale Bedingungen, wie die Verfügbarkeit von Wind- oder Solarenergie, für einen grünen Rechenzentrumsbetrieb genutzt werden.

Die zeitlich abhängige Lastverschiebung in ein örtlich entferntes Rechenzentrum ist durchaus sinnvoll, da hierdurch erneuerbare Energien, deren Verfügbarkeit zeitlichen und lokalen Schwankungen unterliegt, effektiv genutzt werden können.

Wenn man einen sehr dynamischen, lastadaptiven Betrieb der IKT- und Infrastruktursysteme wünscht, entstehen oft sowohl höhere initiale Kosten für entsprechende Hard- und Software als auch die Gefahr, dass Verzögerungen oder gar Fehler durch weniger flexible bzw. schlecht synchronisierte Systeme entstehen. Nur durch minutiöse Planung, Tests und fortlaufende Optimierung sind zuverlässige, verfügbare und hoch energieeffiziente Rechenzentrumskonzepte umsetzbar.

Die im Folgenden dargestellten Forschungsergebnisse aus dem Technologieprogramm IT2Green können das „Was“ und „Wie“ der heute möglichen Maßnahmen nicht im gesamten Spektrum abbilden. Vielmehr wird das „Warum“ beleuchtet und es werden konkrete Ansätze und Hinweise für die strategische Weiterentwicklung der Energieeffizienz im Rechenzentrum gegeben.

3.1. Technikbeschaffung und Konfiguration

Nutzung dominiert den Energiebedarf

Die durchschnittliche Nutzungsphase eines Servers dauert je nach Art und Anwendung etwa vier Jahre. Die in diesem Zeitraum konsumierte elektrische Energie trägt selbst bei einfachen Servern mit nur ein oder zwei Prozessoren zu mehr als 80 Prozent der gesamten lebenszyklusbezogenen Umweltlast des Servers bei. Der externe Kühlaufwand wurde dabei noch nicht mit eingerechnet. Zu diesem

Ergebnis kommen wissenschaftliche Untersuchungen, die den Product Carbon Footprint (PCF) von Servern über den gesamten Produktlebenszyklus bestimmt haben.[6]

Umso wichtiger ist eine bewusste Produktbeschaffung und energieeffiziente Nutzung von Servern. Dies gilt übrigens auch für Datenspeicher und Netzwerktechnik im Rechenzentrum. Erst mit stark zunehmendem Integrationsgrad – ein Beispiel sind die aktuellen Microserver-Konzepte wie das Moonshot-System[7] – wird die energiebezogene Umweltlast deutlich verringert. Dann werden der Wertstoffgehalt der IKT und damit die Ressourceneffizienz in das Zentrum künftiger Optimierungsmaßnahmen rücken.

Zusammenfassend sind heute und auch in den kommenden Jahren der elektrische Stromverbrauch der IKT und damit die Beschaffung energieeffizienter Produkte und ein energieoptimierter Betrieb der Technik die primären Umweltzielstellungen für das Rechenzentrum. Die anhaltend dynamische Technikentwicklung zu immer effizienterer und intelligenterer Hardware unterstützt hierbei den IT-Verantwortlichen.

Fortschreitende Miniaturisierung

Die Energieeffizienz der IKT verdoppelt sich etwa alle 18 bis 24 Monate. Zu dieser Einschätzung kam im Jahr 2011 ein Team von Ingenieuren von Intel und Microsoft unter der Leitung des Wissenschaftlers Jonathan Koomey von der Stanford University.[8]

Damit zeigten sie den kausalen Zusammenhang zwischen der Energieeffizienz der IKT und dem Mooreschen Gesetz. Das Mooresche Gesetz beschreibt das Miniaturisierungsparadigma der Halbleiterindustrie und prognostiziert eine Verdoppelung der Transistoranzahl pro Fläche in einem konstanten Zeitzyklus.

Da heutige Transistorstrukturen nur noch aus wenigen Atomlagen bestehen, sind die technologischen Herausforderungen einer sukzessiven Steigerung der Integrationsdichte und damit der Rechenleistung erheblich. Ein wesentliches Problem ist die potenziell steigende Energiedichte und damit die lokal steigende Abwärme, welche im Betrieb erzeugt wird.

Neben dem Einsatz neuer Materialien wird die elektrische Spannung durch technologische Maßnahmen immer weiter reduziert. Auch die konsequente Weiterentwicklung von Mehrkern-Architekturen bei Prozessoren fördert die Energieeffizienz.

Diese Technologien zielen auf eine verbesserte Systemauslastung und einen lastadaptiven Betrieb der einzelnen Rechenkerne. Bei geringer Last können so bessere Stromsparzustände realisiert werden.

Die Halbleiterindustrie wird auch in den nächsten Chipgenerationen dieses Miniaturisierungs- und Energieeffizienzparadigma noch aufrechterhalten können. Das betonen führende Hersteller mit dem Verweis auf die noch lange nicht ausgeschöpften Möglichkeiten der 3D Integration und neuer hochintegrierter Kühlungskonzepte auf Chip- und Leiterplattenebene.

Moderne Hardware als Basis für Energieeffizienz

Der Stromverbrauch der Server im Rechenzentrum wird primär durch die Leistungsaufnahme der zentralen Prozessoreinheit (CPU) bestimmt. Da sowohl die Anzahl der Prozessorkerne (Cores) als auch die durchschnittliche Anzahl der Prozessoren (Sockets) pro Geräteeinheit tendenziell steigen, muss man trotz der sich theoretisch verbessernden Energieeffizienz sorgfältig auf eine angemessene Konfiguration von Servern und einen sparsamen Betrieb achten.

[6] Markus Stutz: Carbon Footprint of a Typical Rack Server from Dell, 2011, http://i.dell.com/sites/content/corporate/corp-comm/en/Documents/dell-server-carbon-footprint-whitepaper.pdf

[7] Technical Whitepaper: HP Moonshot System, http://h20565.www2.hp.com/portal/site/hpsc/template.BINARYPORTLET/public/kb/docDisplay/resource.process/?spf_p.tpst=kbDocDisplay_ws_BI&spf_p.rid_kbDocDisplay=docDisplayResURL&javax.portlet.begCacheTok=com.vignette.cachetoken&spf_p.rst_kbDocDisplay=wsrp-resourceState%3DdocId%253Demr_na-c03728406-3%257CdocLocale%253D&javax.portlet.endCacheTok=com.vignette.cachetoken

[8] Jonathan G. Koomey: Growth in Data Center Electricity Use 2005 to 2010, Stanford University, 2011

Der steigende Bedarf an Rechenleistung und der technische Fortschritt in Bezug auf die Entwicklung des Energiebedarfs sind zwei gegenläufige Prozesse, bei denen die Erhöhung des Energiebedarfs durch den steigenden Bedarf an Rechenleistung tendenziell überwiegt.

Dieser Umstand gestattet zunächst die Empfehlung, dass Server regelmäßig erneuert werden sollten, um potenzielle Effizienzgewinne neuer Produkte nutzen zu können. Diese Empfehlung beinhaltet aber auch die Anforderung, dass neue Server für die intendierte Anwendung richtig dimensioniert sind und auch ausgelastet werden.

Messungen zeigen, dass die Auslastung der CPU recht genau mit der Gesamtleistungsaufnahme des Gerätes skaliert. Die minimalen und maximalen TDP-Werte (Thermal Design Power) der zentralen Prozessoreinheit sind einfache Indikatoren für das Spektrum der Leistungsaufnahme eines Gerätes, wobei aktuell und je nach Konfiguration etwa 40 bis 60 Prozent der Leistungsaufnahme des Servers auf die CPU entfällt. Dieser Wert variiert je nach Speicherausstattung und Redundanzanforderung.

Energieeffizienz-Benchmarks

Neben dem TDP-Werten liefern komplexere Benchmarks, die Leistungsparameter (Performance) zum Energiebedarf (Power) ins Verhältnis setzen, heute wertvolle Hinweise für eine gute Kaufentscheidung. Für Server werden von der Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) aktuell zwei relevante Benchmarks angeboten. Der ältere **SPECpower_ssj2008 Benchmark** wird seit Ende 2007 von vielen Herstellern verwendet.

Dieser Benchmark misst die Leistungsaufnahme im gesamten Lastspektrum. Konkrete Testdaten für hunderte von Servertypen können in einer öffentlichen Datenbank eingesehen werden.[9] Die Testergebnisse sind oberflächlich betrachtet sehr aufschlussreich, da sie den Stromverbrauch in Teillastbereichen aufzeigen. Allerdings wird das Lastprofil des Benchmarks von Experten als nicht ganz realistisch eingeschätzt und so wird seit Ende 2013 ein neuer SPEC-Benchmark erprobt.

Dieser Benchmark mit der Bezeichnung **Server Efficiency Rating Tool (SERT)** wurde in unmittelbarer Kooperation mit dem internationalen Energielabel **ENERGY STAR®** und dem entsprechenden Programm der amerikanischen Umweltbehörde (EPA) entwickelt. SERT soll in der Lastgenerierung unterschiedliche Anwendungen simulieren und damit reale Nutzungsprofile einschließlich der Energieeffizienz besser abbilden. Die Hoffnung, welche die Umweltbehörden und die beteiligten Unternehmen in den SERT-Standard setzen, ist groß, denn man möchte präzise Energieeffizienzanforderungen mittels SERT definieren. Im Rahmen neuer Beschaffungsrichtlinien würde diese Anforderung zum Tragen kommen.

In ähnlicher Weise wie SERT spezifisch für die Server-Spezifikationen des ENERGY STAR® Programms entwickelt wurde, ließ die EPA durch die Storage Networking Industry Association (SNIA) den sogenannten **Emerald™ Power Standard** entwickeln, der Testspezifikationen und Kriterien für eine standardisierte, reproduzierbare Energieeffizienzbewertung für Datenspeichersysteme beinhaltet. Die ersten Tests mit diesem Benchmark für Datenspeicher starteten ebenfalls im Jahr 2013 und sollen die Grundlage für Vergabekriterien des ENERGY STAR® Programms werden.

Neben dem internationalen Energielabel ENERGY STAR® werden derzeit in einer Vorstudie zur Europäischen Ökodesign Richtlinie (ErP Directive 2009/125/EC) ebenfalls Umweltanforderungen an Server, Datenspeicher und Netzwerktechnik untersucht. Diese Studie, welche Anfang 2015 ihren Abschlussbericht veröffentlichen wird, hat einen erweiterten Untersuchungsgegenstand.

Dieser beinhaltet sowohl den Energieverbrauch in der Nutzungsphase als auch den Material- und Ressourcenbedarf über den gesamten Produktlebenszyklus. Damit werden erstmals ganzheitliche Umweltanforderungen an das IT-Equipment im Rechenzentrum untersucht.[10]

[9] SPEC Power: SPECpower_ssj2008 Results, http://www.spec.org/power_ssj2008/results/

[10] ErP Preparatory Study on Enterprise Servers (Lot 9), www.ecodesign-servers.eu

3.2. Ganzheitliche Energie- und Ressourcenoptimierung

Komponenten und Systemkonfiguration

Die fortschreitende Modularisierung auf Equipment-Ebene bietet ein hohes Einsparpotenzial. Wichtig ist, dass die einzelnen Elemente energiesparende Eigenschaften haben, interoperabel sind und gut aufeinander abgestimmt werden können. Ein wesentliches Element hiefür sind hocheffiziente und angemessen dimensionierte Netzteile, die heute auch in Teillastbereichen über 90 Prozent Wirkungsgrad realisieren.

Hocheffiziente Netzteile lösen zwar das Problem einer häufig geringen Auslastung nicht, aber sie sind ein Grundbaustein eines energiesparenden Systems.

Leider zeigt sich in der Praxis noch immer, dass viele Netzteile den wachsenden Anforderungen von häufigeren Lastwechseln mit niedrigen Teillast- und Stromsparzuständen einerseits und kurzfristigen Leistungsspitzen andererseits nicht gewachsen sind. Manche Netzteile unterstützen weder moderne Stromsparzustände noch höhere Umgebungstemperaturen.

Beide Aspekte sind aber für einen dynamischen und damit energiesparenden Rechenzentrumsbetrieb eine wichtige Voraussetzung. Die Spezifikationen der Netzteile sind entsprechend zu prüfen. Gleiches gilt für alle Elemente der Stromversorgung im Rechenzentrum. Eine Reduktion von Wandlungsverlusten ist der Grundbaustein für die Energieeffizienz.

An dieser Stelle stellt sich oft auch die Frage nach einer direkten Gleichstromversorgung. In den letzten Jahren wurden entsprechende Systeme am Markt angeboten und die theoretischen Einsparungen sind gegeben. Gleichstrom setzt aber ein ganzheitlich ausgelegtes Rechenzentrumskonzept mit entsprechend ausgebildetem Personal voraus. Dies ist für kleine und mittlere Rechenzentren aber meist keine Option.

Thermisches Management

Da Prozessoren und andere mikroelektronische Bauelemente die aufgenommene elektrische Leistung fast vollständig als Wärme wieder abgeben, bildet ein funktionales und effektives Wärmemanagement einen weiteren Grundbaustein für Energieeffizienz. In diesem Zusammenhang sollte die Kühlung von IKT bzw. Rack ausgehend zum Raum bzw. Gebäude hin konzipiert werden. Der reale Klimatisierungsbedarf und das Strömungsverhalten ist durch Messungen und Berechnungen zu bestimmen (siehe weiter unten).

In vielen Rechenzentren sind die Kühlsysteme stark überdimensioniert. Generell unterliegt ein zuverlässiger und auch energieeffizienter Betrieb von IKT definierten klimatischen Bedingungen. Diese beinhalten Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Viele IKT-Hersteller entwickeln heute Produkte, die den Betrieb unter höheren Einlasstemperaturen bis 35°C zulassen. Diese Produkte sind oft etwas teurer. Die elektronischen und mechanischen Komponenten sowie das thermische Gesamtdesign sind hierbei für höhere Temperaturen bzw. Temperaturwechsel ausgelegt. Damit unterstützen die Gerätehersteller das Bestreben von Rechenzentrumsbetreibern, durch höhere Raumtemperaturen deutlich an Kühlungsenergie zu sparen.

In den letzten Jahren haben sich entsprechend auch die ASHRAE-Empfehlungen für die zulässigen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsgrenzwerte im Rechenzentrum geändert. Die Regelung des Zuluft-Temperaturwertes muss das Gesamtverhalten im Rack mit berücksichtigen. Zu beachten ist auch, dass elektrische Sicherungen beispielsweise in der Stromverteilung auf Rack-Ebene auf höhere Temperaturen ausgelegt sein müssen.

Dem Betreiber eines Rechenzentrums wird empfohlen, erhöhte Raumtemperaturen auszutesten und in diesem Zusammenhang thermische und energetische Wechselwirkungen zu erfassen. Die Sicherstellung einer angemessenen Durchlüftung sowie die Vermeidung von thermischen Hotspots und Kurzschlüssen haben Priorität und bedürfen spezifischer Analysen mit entsprechender Sensorik.

Im Rechenzentrum verteilte Temperatur- und Infrarotsensoren können in Kombination mit Methoden der numerischen Strömungsmechanik, d. h. CFD-Tools (Computational Fluid Dynamics), Temperatur- und Luftströme als dreidimensionale Wärmekarten darstellen.

Mit Hilfe dieser Technologie können nicht nur unmittelbare Anpassungen vorgenommen, sondern auch neue Lastszenarien analysiert werden. Moderne DCIM-Tools (Data Center Infrastructure Management) bieten die Möglichkeit zur Einbettung von CFD-Analysen.

Gerade bei größeren Umbauten oder Technikaustausch liefern diese Tools wertvolle Informationen und Hinweise für eine energetische Optimierung. Mit einem zunehmend dynamischen, lastadaptiven Betrieb werden Temperaturwechsel häufiger auftreten und größere Amplituden aufweisen.

Auch die softwarebasierte Laststeuerung (Virtualisierung) kann im Rack zu großen thermischen Unterschieden mit negativen Auswirkungen für den Klimatisierungsaufwand führen. Es sind genau diese Faktoren – dynamische Lastanpassung und stärkere Temperaturwechsel –, welche bei hierauf nicht ausgelegter Hardware zu Ausfällen führen können.

Weiterführende Strategien

Substanzielle Energieeinsparungen sind zwar oft schon mit einfachen Maßnahmen zu generieren, aber nach dieser ersten Stufe müssen komplexere Wirkzusammenhänge erkannt und gestaltet werden, um die Energieeffizienz weiter zu steigern.

Die Steigerung der Auslastung von Servern mit dem Ziel einer Konsolidierung der IKT-Ressourcen ist eine grundlegende Strategie zur Verbesserung des Energie- und Ressourceneinsatzes.

Die Software-basierte, weitgehend automatisierte Steuerung der Auslastung von Servern, Speichern und Netzwerktechnik muss auf die gesamte Rechenzentrumsinfrastruktur ausgeweitet werden, um hohe Energieeinsparungen zu generieren.

Diese Virtualisierung aller IT-Elemente muss mit dem thermischen Management synchronisiert werden. In der Praxis werden immer wieder suboptimale Temperaturzustände beispielsweise im Rack erzeugt, da die Lastverteilung die Position der Server im Rack nicht berücksichtigt.

Ein weiterer Ansatz umfasst den stärker lastadaptiven Betrieb, bei dem sowohl die IKT-Ressourcen als auch die Klimatisierungs- und Stromversorgungsinfrastruktur im Rechenzentrum automatisiert dem unmittelbaren Bedarf der IT-Produktion angepasst werden. Maßnahmen in diesem Zusammenhang reichen von BIOS-Einstellungen bei Servern bis hin zur Konfiguration der Klimatisierung und entsprechender Einstellungen von Schwellenwerten.

Eine Voraussetzung für eine effektive Auslastung ist die vorausschauende Ressourcenplanung der IT-Produktion. Ein Ansatz ist die Auswertung historischer Lastverläufe bzw. Anwendungsprofile.

Schließlich zielt ein dritter Ansatz auf eine Rechenzentrums-übergreifende Optimierung, bei der beispielsweise gezielt Anwendungen zwischen räumlich getrennten Rechenzentren verschoben werden, um zeitweise auftretende Standortvorteile wie freie Kapazitäten oder die lokale Verfügbarkeit von Ökostrom auszunutzen.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass eine deutlich höhere Energieeinsparung meist erst durch eine gezielte Auslastungssteigerung und einen lastadaptiven Betrieb aller Elemente im Rechenzentrum erzielt wird. Diese Maßnahmen setzen ein weitaus größeres Engagement voraus und erfordern höhere initiale Kosten.

Die Betreiber von Rechenzentren sind trotz der vielen Möglichkeiten aus einigen verständlichen Gründen dennoch zögerlich bezüglich der konsequenten Umsetzung von Green IT Maßnahmen. Sie machen sich insbesondere Sorgen um die Verfügbarkeit ihrer Dienste und um die Rentabilität des Gesamtsystems. Aktive Energiesparmaßnahmen können durchaus eine gewisse Reduktion der Verfügbarkeit beinhalten, da meist einzelne IKT-Ressourcen zum Zweck der Energieeinsparung in Ruhezustände versetzt oder gar ausgeschaltet werden.

Es ist daher zu prüfen, ob definierte Verzögerungen oder andere Verfügbarkeitsbeeinträchtigungen durch Energiesparmaßnahmen für den Nutzer oder Kunden zulässig sind.

3.3. Messung von Energieverbräuchen

Datenerhebung im Vorfeld der Planung

Für die Planung und Implementierung von Green IT Maßnahmen sollte immer der Ist-Zustand durch eine alle Gewerke des Rechenzentrums berücksichtigende Datenerhebung erfasst und ausgewertet werden.

Die Datenerhebung beinhaltet zunächst energierelevante Informationen aus Produktdatenblättern und erstreckt sich über das Auslesen existierender Sensordaten z. B. über IPMI bis hin zu neu aufgesetzten Leistungs-Energie-Messungen aller stromverbrauchenden Elemente im Rechenzentrum. Auch Wärmebildaufnahmen können die Messdaten in sinnvoller Weise ergänzen.

In der Praxis zeigt sich immer wieder, dass dedizierte Messungen mehrere Vorteile für die Bestandsaufnahme haben. So kann u. a. die Granularität der Messung selbst bestimmt und angepasst werden. Auch die Zusammenführung bzw. Synchronisierung der Messergebnisse ist häufig einfacher, da man meist nur mit einer Software und nicht mit mehreren Protokollen arbeiten muss. Beim Auslesen unterschiedlicher Sensoren entsteht zudem oft das Problem, dass Messintervalle nicht angepasst und die Messgenauigkeit nicht verifiziert werden können.

IKT, Klimatisierung und Stromversorgung

Für eine aussagekräftige Analyse der existierenden Energieeffizienz sind für die installierten Server sowohl die elektrische Leistungsaufnahme über die Zeit hinweg als auch die Auslastungsprofile (CPU, RAM, I/Os) zu erfassen. Da Speicher-Equipment und Netzwerktechnik im Rechenzentrum eine wachsende Bedeutung zukommt, sind auch diese Systeme zusätzlich zu den Servern in die Messung einzubeziehen.

Des Weiteren sollte in ähnlicher Weise und synchronisiert die Klimatisierung gemessen werden. Neben der elektrischen Leistungsaufnahme aller IKT-, Klima- und Stromversorgungselemente werden für eine gute Analyse weitere Daten benötigt. So sollten auch die Ein- und Ausgangstemperatur der Server, die Lüfter-Drehzahlen und Durchflussgeschwindigkeiten, die anfallende Wärmelast und gegebenenfalls die Außentemperaturen erfasst werden. Hinsichtlich der Stromversorgung sind Wirkungsgrad bzw. Leistungsverluste im gesamten Lastspektrum von Interesse für die Analyse. Da erfahrungsgemäß gerade Netzteile recht häufig ausfallen, sollten diese Ereignisse zusätzlich dokumentiert werden.

Implementierung bedarf hoher Detailplanung

Im Vorfeld einer Messung muss das gesamte Inventar im Rechenzentrum einschließlich Stromlaufplänen und Kabellisten gesichtet werden. Dieses Vorgehen sollte Top-Down erfolgen. Es unterstützt die Erfassung der bereits vorhandenen Messtechnik (Sensorik) und damit potenzieller Datenquellen.

Die Detailplanung konzentriert sich im Folgenden auf die Bestimmung der Messparameter und der hierfür am besten geeigneten Messtechnik. Für Energiemessungen im Rechenzentrum gibt es Produkte professioneller Dienstleister, die Hardware- und Softwareelemente beinhalten und nicht nur die Datenerfassung, sondern insbesondere die Datenauswertung deutlich verbessern.

Unabhängig davon, ob man die Messungen eigenständig oder über einen Dienstleister erledigen lässt, sind wichtige Entscheidungen zu treffen.

So müssen die Sensortypen und genauen Messpunkte festgelegt werden. Sodann sind Messintervalle, das Datenvolumen und die Zusammenführung und Auswertung der Messwerte zu konzipieren. Punktuelle Messungen bei statischen Verbrauchern verringern den Messaufwand. Eine ausführliche Dokumentation der Maßnahmen und Messergebnisse ist für die späteren Analysen eine wichtige Voraussetzung.

Fehlersuche und Plausibilitätsprüfung

Eine frühzeitige Prüfung der Plausibilität der Messergebnisse ist fundamental, da auch die Lokalisierung der Fehlerquellen zeitaufwändig und mitunter nicht trivial ist. Zu dieser Einschätzung kamen alle IT2Green-Projekte, die

komplexe Messungen im Rechenzentrum durchführten. Es empfiehlt sich bereits nach wenigen Tagen die ersten Messergebnisse auf Basis von Informationen aus Produktdatenblättern oder beispielsweise SPEC-Benchmarks und ähnlichem zu überprüfen. Es zeigten sich in den Projekten auch eine Reihe von technikbezogenen Fehlerquellen. So wurden Messgeräte (z. B. Klappwandler) falsch installiert bzw. in den Auswertetools falsch zugeordnet.

Weitere Fehlerquellen waren defekte oder falsch kalibrierte Messgeräte. Oftmals decken erst klar identifizierte Betriebsveränderungen (z. B. die Installation neuer Technik oder ein Testlauf) versteckte Messfehler auf. Man kann vor diesem Hintergrund nur empfehlen, für die Lokalisierung von Fehlerquellen einen deutlichen Personal- bzw. Zeitaufwand einzuplanen.

Wechselwirkung zwischen IKT und Infrastruktur

Die erhobenen Daten sollten periodisch mittels einer Reihe vergleichender Analysen ausgewertet werden. Bei der Auswertung sind im ersten Schritt die Leistungsaufnahme bzw. der Energieverbrauch individueller Geräte im Verhältnis zur Auslastung zu betrachten.

Im Blickpunkt stehen dabei zyklische Veränderungen und metastabile Lastprofile. Es ist darauf zu achten, wie sich die Geräte in Zeiten hoher bzw. geringer Auslastung verhalten. Dies gilt auch für virtuelle Maschinen (VMs), deren Lastverhalten und die Auslastung physischer Maschinen. Zu vergleichen ist auch die Leistungsaufnahme unterschiedlicher Arten von Servern (Rack, Blade, Multinode etc.), wenn gleiche Dienste bzw. Anwendungen auf ihnen laufen.

Noch interessanter wird die Analyse, wenn die Wechselwirkung zwischen einzelnen IKT-Systemen, Anwendungen und den Infrastrukturelementen untersucht wird.

Zu beobachten ist beispielsweise, wie lastadaptiv bereits die Kühlung im Rechenzentrum funktioniert. Wenn weitere Möglichkeiten der Energieeinsparung getestet werden sollen, kann auch eine Testumgebung abseits des Produktivbetriebs aufgebaut werden, wo mittels Lastgeneratoren unterschiedliche Server und VM-Konfigurationen anhand der Messdaten aus dem Produktivbetrieb simuliert und eine dynamische Lastanpassung evaluiert werden kann.

Zusammenfassung

Last- und Energiemessungen im Rechenzentrum unterstützen Optimierungsmaßnahmen und liefern Fakten für Planungsentscheide der Geschäftsleitung, der IT-Abteilung und des Gebäude-Managements. Im ersten Schritt wird eine umfassende und einheitliche Erfassung des Ist-Zustandes mittels professioneller Tools empfohlen. Dabei sollte bei der Planung der Messstellen Top-Down vorgegangen und auf die Einbindung von bestehender Messtechnik geachtet werden. Später kann auf den Erfahrungen aufbauend ein schmaleres Monitoringsystem im Rahmen eines ganzheitlichen Rechenzentrumsmanagement (DCIM-Lösung) aufgesetzt werden. Die Messergebnisse sollten kontinuierlich geprüft und hinterfragt werden, um potenzielle Fehlerquellen frühzeitig aufzudecken. Die Auswertung sollte sich auf kausale Zusammenhänge zwischen Auslastung, Energiebedarf und Infrastrukturverhalten konzentrieren.

IPMI-Werte und externe Leistungsmessung

Im Rahmen des IT2Green-Projekts **GreenPAD** wurde mit einem externen Messgerät die Leistungsaufnahme bei drei unterschiedlichen Serversystemen im gesamten Lastspektrum gemessen und mit über Intelligent Platform Management Interface (IPMI) erfassten Werten verglichen.

Dabei zeigten die über IPMI ausgelesenen Werte eine recht gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen, was den Schluss nahelegt, dass der Energieverbrauch der Server über die internen IPMI-Messwerte sehr genau aufgezeichnet werden kann und dass eine zusätzliche externe Messung beispielsweise für eine Energieanalyse oder Abrechnungszwecke nicht zwingend erforderlich ist. Das IPMI umfasst u. a. Spezifikationen für die Erfassung von Hardware-Zuständen mittels Sensoren. Per IPMI ist es möglich, die Leistungsaufnahme im kompletten Lastbereich zwischen Leerlauf und Volllast in 4-Watt-Schritten auszulesen. Im Projekt wurden beispielsweise Messungen an Rack-Servern und einem Blade-System vorgenommen und mit den per IPMI ausgelesenen Werten verglichen.

Beim Rack-Server wurde die Leistungsaufnahme des kompletten lauffähigen Rechners einschließlich lokalem Festplattenlaufwerk, Lüftern und auch Netzteilverlusten gemessen. Nicht in den Messwerten enthalten ist der Verbrauch der komplett extern bereitgestellten Netzwerkswitch-Infrastruktur. In der Messung wurden Teillast-

Situationen stufenweise durch Belastung nur eines Teils der Prozessor-Cores mit dem Linux-Testprogramm „Stress“ erzeugt. Als synthetische Last für eine Vollauslastung der Prozessoren wurde der Linpack-Benchmark parallel in mehreren virtuellen Maschinen mit hoher Überbuchung der insgesamt physikalisch vorhandenen Prozessorkerne genutzt. Der Vergleich zwischen realer Messung und IPMI-basierten Werten zeigt in allen Lastbereichen nur sehr geringe Abweichungen mit einem durchschnittlichen Fehler von unter 3 Prozent.

Bei den Blade-Servern stecken insgesamt 18 Server-Blades in einem Gehäuse mit gemeinsam genutzten aktiven Infrastrukturkomponenten. Dies sind in der gewählten Ausbaustufe insgesamt sechs gemeinsam genutzte Netzteile, Lüfter, Netzwerk-Switches zur Verbindung der Server-Blades sowie zwei redundante Management-Blades. Die IPMI-Messwerte der einzelnen Server-Blades können den Stromverbrauch dieser gemeinsamen Infrastruktur nicht berücksichtigen.

Im Produktivbetrieb laufen auf einem kompletten Blade-Server sehr viele unterschiedliche Anwendungen. Die Erfassung von Abrechnungsinformationen muss deshalb zwangsläufig auf Blade-Ebene erfolgen.

Folgerung aus den Messergebnissen ist, dass bei einer Abrechnung auf Grundlage der per IPMI ausgelesenen Verbrauchswerte der Blades nicht nur die Ungenauigkeit der Messwerte, sondern auch ein prozentual recht hoher Aufschlag für nicht direkt zurechenbare Infrastruktur-Verbrauchswerte berücksichtigt werden muss. Beim Abschalten kompletter Blades in Phasen niedriger Last muss die komplette Infrastruktur weiter betrieben werden. Messungen dazu zeigen, dass in diesem Lastbereich (also unterhalb der „Leerlaufsituation“ mit insgesamt 1.750 Watt) die Messfehler der internen Sensorik für die Gesamt-Leistungsaufnahme deutlich ansteigen.

In Verbindung mit einer Verschlechterung der Wirkungsgrade der Netzteile liegt die extern gemessene tatsächliche Leistungsaufnahme erheblich über dem nach interner Messung angezeigten Wert. In der Gesamt-Energiebilanz steigt der Infrastruktur-Overhead damit überproportional. Für ein Einsatzszenario mit Abschaltung kompletter Rechenknoten sind die Blade-Server damit wohl nicht so gut geeignet, wie eine aus einzeln abschaltbaren Knoten (Rack-Server) aufgebaute Alternativkonfiguration.

Im direkten Vergleich mit den Messergebnissen für den Rack-Server deuten die Messergebnisse für den Blade-Server auf eine insbesondere bei Volllast höhere Leistungsaufnahme und gleichzeitig geringere Anwendungsleistung hin.

Die geringere Anwendungsleistung mag zum Teil mit Skalierungseffekten der 18-Blade-Konfiguration, mit dem früheren Zeitpunkt der Messung und mit weniger ausgefeilter Optimierung des komplexeren Gesamtsystems zusammenhängen. So wurde die Messung offenbar noch mit der langsameren Java-Software von Oracle durchgeführt. Die ursprüngliche Hoffnung, dass sich die Energieeffizienz durch den Einsatz von – komplexer aufgebauten – Blade-Servern gegenüber dem Einsatz vergleichbarer Einzel-Server signifikant verbessern lässt, wurde durch die bisherigen eigenen Messergebnisse und die Hersteller-Benchmarks nicht bestätigt.

GreenPAD – Energieoptimierte IKT für regionale Wirtschafts- und Wissenscluster

Projektleitung:
Thomas Dyroff, unilab AG, Paderborn
thomas.dyroff@unilab.de
www.green-pad.de

3.4. Kennzahlen im Überblick

Bewertung von Energieeffizienz

Um die Energieeffizienz von und in Rechenzentren zu bewerten, nutzen viele Rechenzentrums-Verantwortliche mittlerweile Kennwerte. Da aber in den letzten Jahren eine Vielzahl von Kennzahlen für Rechenzentren veröffentlicht wurden, stellt sich die Frage, wie aussagekräftig die einzelnen Vergleichswerte sind und für welche Bereiche sie im Rechenzentrum (IT-Systeme, Stromversorgung, Kühlsystem, sonstiges) Aussagen liefern.

Der wohl bekannteste Kennwert zum Thema Green IT in Rechenzentren ist die **Power Usage Effectivness (PUE)** der Green Grid Association. Dieser bildet, wie viele der gängigen Kennzahlen, die Energieeffizienz der Infrastruktur gegen-

Es gibt zahlreiche Kennzahlen für Rechenzentren. Ihre Aussagekraft für die Energieeffizienz ist jedoch sehr unterschiedlich.

über der vorhandenen IT-Last ab. Es gibt Kennzahlen, die die Effizienz des Gesamtrechenzentrums oder auch nur einzelner Teilbereiche abbilden (z. B. die **partial Power Usage Effectiveness (pPUE)** kann für das Kühlsystem oder für einen einzelnen Serverraum bestimmt werden). Aber auch andere Kennzahlen zielen bewusst nur auf die Infrastruktur ab. Der **Self-Benchmarking Guide** des Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) enthält 14 Kennzahlen für Rechenzentrumsbetreiber zur Bewertung der Gebäudeinfrastruktur. Darin zeigt sich auch gleich das größte Problem der existierenden Kennzahlen:

> Die Effizienz der IT-Last selbst wird beim PUE und auch den meisten weiteren Kennzahlen nicht betrachtet.

Das Uptime Institute veröffentlichte zwar mit dem Kennzahlensystem **Four Metrics** einen wissenschaftlichen Ansatz, der als wichtigste Größe die „nützliche Arbeit" (useful work done, H-POM) beinhaltet. Eine exakte Definition der „nützlichen RZ-Arbeit" liegt aber bisher nicht vor. Die Bereiche Software (z. B. Server-Virtualisierung) und IT-Hardware (z. B. CPU, Netzteile, Lüfter) können über die IT-Auslastung (DH-UR, DH-UE) erfasst werden.

Genauso sieht es beim Corporate Average **Data Center Efficiency (CADE)** – ebenfalls vom Uptime Institute – aus. Die wichtigste Größe für die CADE ist die „IT-Energieeffizienz" (IT-EE). Dieser Wert kann bisher allerdings nicht gemessen werden; das Uptime Institute empfiehlt hier Schätzungen. Die Ergebnisse des CADE hängen daher stark von der Qualität der Schätzungen ab und sind kaum vergleichbar.

Das **Cost of Services Model** der British Computer Society (BCS) ist, im Gegensatz zu den anderen technischen Ansätzen, ökonomisch orientiert. Die Idee ist die Darstellung der Rechenzentrum-Gesamt-Energieeffizienz als Verhältnis von Rechenzentrum-Energiebedarf und Wertbeitrag der IT im Unternehmen. Die Kosten für den Strombedarf sollen auf das IT-Equipment, die Software und schließlich auf die IT-Services umgelegt werden. Der letzte Schritt, der wiederum zur Bewertung der IT selbst genutzt werden könnte, wird leider nicht beschrieben.

Die genannten Beispiele sind nur einige der Kennzahlen zur Klimatisierung und Stromversorgung der IT-Komponenten, die gleichzeitig zeigen, wie schwer die Bewertung der IT-Effizienz selbst ist.

Der wichtigste Hebel bei allen Bemühungen um Green IT im Rechenzentrum ist der Einsatz von energieeffizienten IT-Komponenten. Auch für diesen Bereich gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Kennzahlen.

Zur Bewertung der Energieeffizienz von Servern ist in erster Linie die Standard Performance Corporation (SPEC) zu nennen, deren Ziel es ist, Standards zur Messung der Performance von Servern zu erarbeiten. Der bekannteste Standard ist der **SPECpower_ssj2008 Benchmark**. Hier wird die Anzahl der maximal möglichen Rechenoperationen pro Sekunde bestimmt und anschließend der Strombedarf des Servers für verschiedene Laststufen gemessen. Ein Nachteil des SPECPower_ssj2008 ist, dass nur eine spezielle Arbeitslast getestet wird, die insbesondere die CPU und den RAM beansprucht, aber z. B. Datenspeicher oder Netzwerkschnittstellen kaum belastet. Um die Energieeffizienz eines Servers für eine Vielzahl von Anwendungsszenarien abzubilden, wurde von SPEC das **Server Efficiency Rating Tool (SERT)** entwickelt. Im Rahmen der Benchmark werden verschiedene Arbeitslasten (Servlets) in mehreren Laststufen ausgeführt und gemessen.

Hinsichtlich der Energieeffizienz von Speichersystemen gibt es u. a. den Storage Performance Council, welcher die Benchmarks **SPC-1/E, SPC-1C/E, SPC-2/E** und **SPC-2C/E** entwickelte. Grundsätzlich ermitteln der SPC-1/E und der SPC-1C/E für mehrere Laststufen zwischen Leerlauf und Volllast das Verhältnis aus der Anzahl an zufällig generierten Lese- und Schreibvorgängen und des jeweiligen Strombedarfes.

Im Rahmen der Green Storage Initiative (GSI) werden Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz von Datenspeichern entwickelt. Der wichtigste Green IT Ansatz ist hier die **SNIA (Storage Networking Industry Association) Emerald Power Efficiency Measurement Specification**. Dabei wird zum einen die Energieeffizienz von Speichern im Ruhezustand und bei der mittleren Leistungsaufnahme des Systems in Gigabyte pro Watt abgeleitet. Zum anderen wird die Energieeffizienz von Systemen im aktiven Zustand aus der Anzahl bzw. dem Datenvolumen von Lese- und Schreiboperationen und der mittleren Leistungsaufnahme berechnet.

Zur Messung der Energieeffizienz von Netzwerkkomponenten hat die Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) den **Telecommunications Energy Efficiency Ratio (TEER)** spezifiziert. Der TEER quantifiziert bei verschiedenen Laststufen den Energiebedarf von Netzwerkkomponenten, die nach Geräteklassen bzw. nach der Position im Netzwerk (Access, High Speed Access, Distribution / Aggregation, Core) kategorisiert sind.

Ebenfalls zur Bewertung des Energiebedarfs von Netzwerkequipment in Abhängigkeit vom Datendurchsatz hat die Energy Consumption Rating Initiative (ECRI) die **Energy Consumption Ratio (ECR)** erarbeitet. Dabei wird der Energiebedarf und Datendurchsatz bei Volllast, variabler Auslastung sowie im erweiterten Leerlauf erfasst und die mittlere Energieeffizienz des jeweiligen Gerätes bestimmt. Wie auch ATIS definiert ECRI verschiedene Geräteklassen.

Ob die energieeffiziente IT-Hardware im Gesamtverbund Rechenzentrum dann allerdings effizient genutzt wird, kann jedoch allein mit diesen Kennzahlen nicht erfasst werden.

Fazit: Mit einer geschickten Kombination der bestehenden Metriken kann die Energieeffizienz für die RZ-Gebäudetechnik und zum Teil auch schon für die IKT gut abgebildet werden.

Um die tatsächliche IT-Effizienz darzustellen, beschäftigen sich verschiedene Institute mit der Erforschung von sogenannten Rechenzentrum-Produktivitäts-Kennzahlen. Hier soll der Aufwand (Energie bzw. Kosten) in Bezug zum Nutzen (IT-Dienstleistung) gesetzt werden:

- CS: Verteilung der RZ-(Betriebs-)Kosten auf die Summe der IT-Services
- Green Grid und SPEC: Datacenter Performance Efficiency (DCPE)
- Uptime Institute: IT Productivity per Embedded Watt (IT-PEW)
- TU Berlin und Ökoinstitut: Carbon Footprint für konkrete IT-Anwendungen

Es besteht also noch ein größerer Forschungsbedarf, der u. a. im Förderprogramm IT2Green adressiert wird.

Eine detailliertere Analyse der bestehenden Energieeffizienzkennzahlen für Rechenzentren befindet sich im GreenIT Dossier von IT2Green (http://www.it2green.de/de/1365.php).

Links zu Kennzahlen und Organisationen

- The Green Grid Association: www.thegreengrid.org
- Uptime Institute: www.uptimeinstitute.com
- Lawrence Berkeley National Laboratory: http://hightech.lbl.gov/dctraining/about.html
- British Computer Society: www.bcs.org
- Green IT Promotion Council: http://home.jeita.or.jp/greenit-pc/e/
- Standard Performance Evaluation Corporation: www.spec.org
- Storage Performance Council: www.storageperformance.org/home
- Storage Networking Industry Association: www.snia.org
- Alliance for Telecommunications Industry Solutions: www.atis.org
- Energy Consumption Rating Initiative: www.ecrinitiative.org
- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers: www.ashrae.org
- Centre for Energy Policies and Economics: www.cepe.ethz.ch
- Transaction Processing Performance Council: www.tpc.org

3.5. Rechenzentrum mit Grünem Leitstand

Lastprognosen für eine effektive Virtualisierung

Durch Virtualisierung und darauf aufbauende Konsolidierung kann die Zahl der benötigten Server und der damit verbundene Energieverbrauch reduziert werden. Bei stark schwankenden Rechenlasten ist es jedoch häufig nicht möglich, die Anzahl der physischen Server dauerhaft zu reduzieren. In solchen Fällen bietet die serverübergreifende Steuerung, verbunden mit zeitweiliger Abschaltung einzelner Hardware, trotzdem noch Einsparpotenziale.

Eine Voraussetzung ist die Kenntnis der benötigten Leistungsparameter (Ressourcenbedarf) der auf den Servern laufenden Anwendungen. Dabei geben Anwender über SLAs (Service Level Agreements) die Dienstgüte einschließlich Zeitvorgaben vor.

Ziel bei der serverübergreifenden Steuerung ist die Anpassung der aktiven Server an den tatsächlichen aktuellen Bedarf an Rechenkapazität. Ein Ansatz dafür ist die dynamische Umsortierung der Anwendungen zur Laufzeit, um damit einzelne physikalische Maschinen besser auszulasten.

Auslastungsabhängige Server-Power-Modelle geben Auskunft über den erwarteten Strombedarf. Die betrachteten Systemressourcen umfassen:

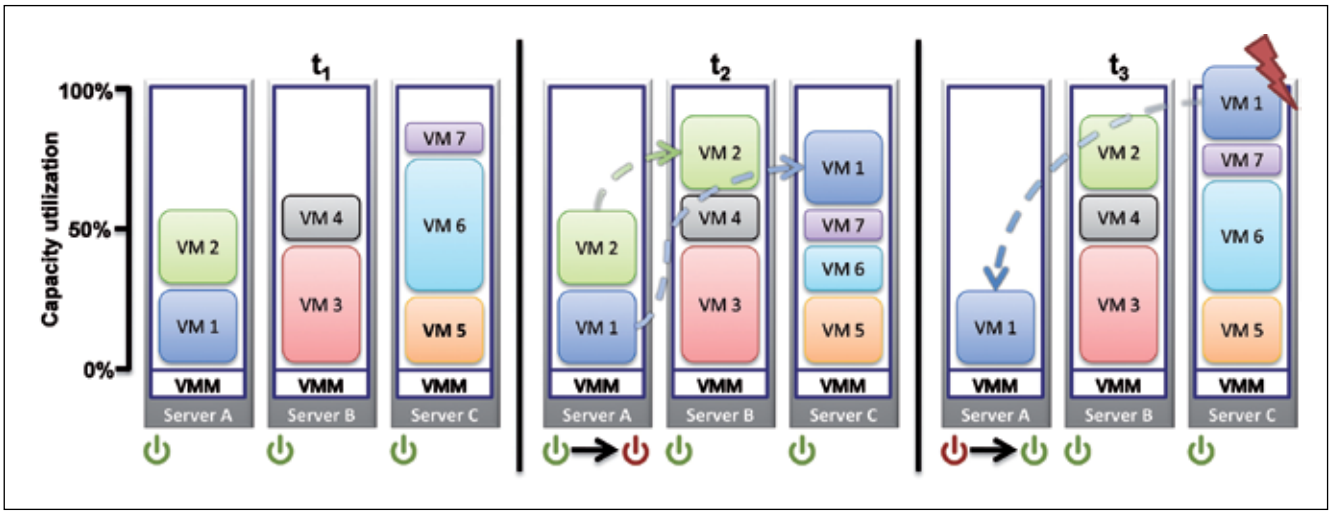
- CPU-Zeit in Prozent
- RAM-Nutzung in Bytes
- Storage I/O in Bytes

Last- und Powermanagement-Verfahren

Im Forschungsprojekt **AC4DC** wurde ein Last- und Powermanagement (LPM) für Server und Dienste entwickelt, welches die Anzahl der aktiven Server jederzeit an den tatsächlichen Ressourcenbedarf der Dienste anpasst. Als Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens müssen die zu verwaltenden Server in einer virtualisierten Umgebung betrieben werden und die Dienste in virtuelle Maschinen (VM) gekapselt sein. Durch eine Technik namens Live Migration, welche das unterbrechungsfreie Verschieben von VM zwischen Servern ermöglicht, können dynamisch die Dienste gemanagt und ganze Server konsolidiert werden.

Das prinzipielle Vorgehen ist exemplarisch in der Abbildung auf Seite 33 für eine Umgebung mit drei Servern dargestellt. In der Ausgangsverteilung zum Zeitpunkt t1 sind die Server bereits gut ausgelastet (Höhe der VM), sodass keine Optimierung möglich ist. Sinkt der Ressourcenbedarf jedoch (im Beispiel VM 6 zu t2), können die Server konsolidiert werden, indem die VM des Servers A auf die beiden anderen Server migriert werden. Server A wird nun aktuell nicht mehr benötigt und kann in einen energiesparenden Zustand versetzt werden. Da Server im Leerlauf noch immer einen gewissen Teil ihrer maximalen Leistungsaufnahme benötigen (moderne Server ca. 20 Prozent, ältere über 50 Prozent)[11], kann durch dieses Vorgehen viel Energie gespart werden.

[11] Ergebnisse des SPECpower_ssj2008-Benchmarks unter http://www.spec.org/power_ssj2008/results/



Prinzip der dynamischen Lastverschiebung zur Energieeinsparung in virtualisierten Umgebungen. Quelle: OFFIS

Das Last- und Powermanagement muss aber auch bei steigendem Ressourcenbedarf reagieren, wie im Beispiel zu Zeitpunkt t3 dargestellt wird. Steigt der Bedarf der VM 6 wieder an, muss VM 1 auf Server A zurückmigriert werden, damit es nicht zu Ressourcenengpässen kommt. Da das Hochfahren eines Servers und die Migration von VM jedoch etwas dauert, wird man diesen Engpass mit einem rein reaktiven Verfahren nicht verhindern können. Anhand dieses Beispiels kann man also eine wichtige Anforderung des LPM ableiten:

Der Ressourcenbedarf der VM muss vorab bekannt sein, z. B. durch Vorhersagen.

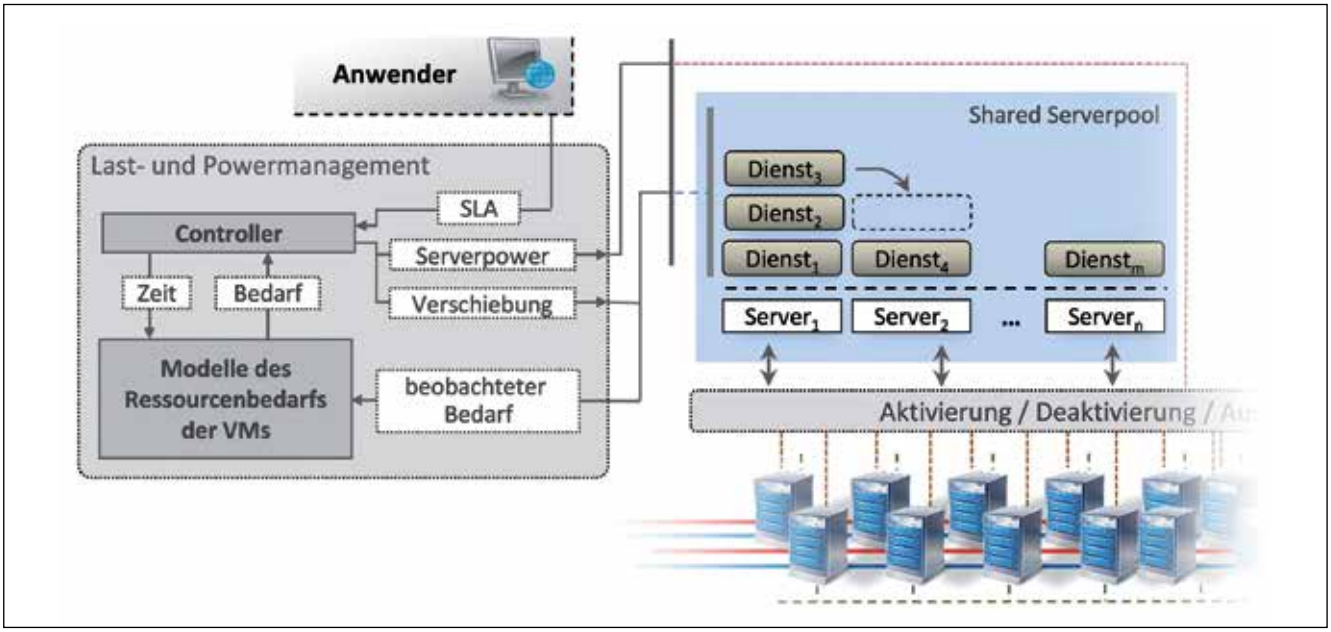
Das im Projekt entwickelte LPM besitzt daher eine Komponente zur Vorhersage des Ressourcenbedarfs von Diensten. Dazu werden in den historischen Auslastungsdaten die Perioden sich wiederholender Ausprägungen gesucht und diese in die Zukunft projiziert. Je mehr historische Daten vorhanden sind, desto besser wird das Ergebnis. Allerdings können mit dieser Vorhersagemethodik nur Dienste mit regelmäßigem Verhalten zuverlässig modelliert werden. Dies betrifft z. B. Unternehmensanwendungen, deren Nutzung stark mit den Arbeitszeiten korreliert. Sporadische Anwendungen hingegen müssen separat betrachtet werden, indem für sie eine statische, statistische (maximale) Auslastung angenommen wird.

In dem Schaubild auf Seite 34 werden die weiteren Komponenten und Schnittstellen des **AC4DC** Last- und Powermanagements dargestellt. Wie bereits beschrieben, wird der beobachtete (historische) Ressourcenbedarf der VM zur Modellierung des zukünftigen Bedarfs verwendet. Der Controller nutzt dann die Vorhersagen, um zukünftig mögliche Optimierungen zu planen. Dazu berücksichtigt er auch lastabhängige Powermodelle der Server-Hardware und die von außen festgelegten Service Level Agreements (SLA), um die Auswahl der zu nutzenden Server und den Grad der Ziel-Auslastung zu bestimmen. Die zur Optimierung notwendigen Steuerbefehle (Migrationen, Serverdeaktivierungen und -reaktivierungen) werden in einer Queue zusammen mit dem Zeitstempel ihrer geplanten Ausführung gesammelt und anschließend abgearbeitet.

Die Zeiten der durchzuführenden Aktionen sind dabei so gewählt, dass es zu keinen Engpässen kommen kann, so lange die Vorhersagen korrekt sind. D. h. bei zukünftig steigendem Ressourcenbedarf werden Server früh genug hochgefahren und betroffene VM migriert, noch bevor ein Engpass auftritt.

Simulationen ermittelten ein Einsparpotenzial von 30 bis zu 55 Prozent des Energiebedarfs der Serverhardware.

Messungen in einer Testumgebung – bestehend aus acht Blade-Servern auf denen 62 VM betrieben wurden – konnten die Simulationsergebnisse bestätigen. Hier konnten ca. 50 Prozent der Energie, die für den Betrieb der Server benötigt wird, eingespart werden.



Grobarchitektur des „AC4DC“ Last- und Powermanagements. Quelle: OFFIS

AC4DC – Adaptive Computing for Green Data Centres

Projektleitung:
Bernd Hanstein, Rittal GmbH & Co. KG, Herborn
hanstein.b@rittal.de
www.ac4dc.de

3.6. Migration in die Cloud

Energieorientierte Migration in die Cloud

Die Verschiebung (Migration) von Anwendungen und Diensten in ein externes Rechenzentrum (Cloud) kann aus energetischen Gründen sinnvoll sein, wenn beispielsweise an einem anderen Standort regenerative Energien günstig zur Verfügung stehen oder ein energetisch optimaler Betrieb in dem Rechenzentrum gewährleistet wird. Hinsichtlich einer Migration von Diensten in die Cloud steht der IT-Verantwortliche meist vor vier zentralen Fragen:

- Was soll in die Cloud migriert werden?
- Wie wird die Migration durchgeführt?
- Wie ist die Wirkung auf den Energieverbrauch?
- Wie wirtschaftlich ist die Migration?

Im IT2Green-Projekt **MIGRATE!** wurde die Migration von Rechenzentrumsanwendungen in die Cloud unter diesen Gesichtspunkten untersucht und an effektiven Lösungen gearbeitet.

Aktuell werden Anwendungen mit einem erheblichen Arbeitsaufwand manuell migriert. Viel praktischer ist ein software-basiertes, automatisiertes Verfahren.

Steuerung mit TOSCA & Green Policies

Wenn eine Anwenderinfrastruktur in eine energieeffizientere Cloud-Umgebung migriert wird, dann sollte der Cloud-Provider auch in der Lage sein, die Applikation energetisch zu steuern. Zum Beispiel soll die Ressourcenbereitstellung an das voraussichtliche oder tatsächliche Nutzungsverhalten angepasst sein.

Die energetische Steuerung erfordert eine enge technische Integration von Applikation und Cloud-Umgebung. Allerdings sollte diese Integration für den Anwender nicht zu einem Lock-in-Effekt führen, der bei einem späteren Provider-Wechsel hohe Wechselkosten mit sich bringt.

TOSCA[12] ist ein neuer Standard der IT-Industrie, um den Konflikt zwischen enger Integration und Portabilität aufzulösen.

TOSCA steht für „Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications“ und wird von der Standardisierungsorganisation OASIS unter Mitwirkung führender Cloud-Technologieanbieter entwickelt.[13] Die Grundidee ist, Applikationen als Cloud Services so in formalen Modellen zu beschreiben, dass diese Modelle von Cloud-Providern für das Deployment und die Steuerung in der Cloud-Umgebung direkt ausgeführt werden können. Die Beschreibung eines Cloud Services wird in TOSCA „Service Template“ genannt und umfasst die Topologie, also Komponenten, ihre Anforderungen und ihre Beziehungen, sowie Pläne für Deployment und Steuerung. TOSCA ist herstellerunabhängig und gibt keine spezifischen Komponenten, Anforderungen oder Pläne vor.

Die in einem TOSCA Service Template enthaltenen Pläne sind für Green IT hoch interessant: Da die Pläne das Management einer Applikation in der Cloud festlegen, können sie auch für die energetische Steuerung genutzt werden. Hierzu hat das IT2Green-Projekt **MIGRATE!** exemplarische Green Policies entwickelt und als Meta-Anforderung in die TOSCA-Standardisierung eingebracht.

Eine Green Policy kann sich auf die gesamte Cloud-Infrastruktur oder nur einzelne Komponenten beziehen. Beispiele sind PUE-Vorgaben, Einhaltung von Rechenzentrums-Zertifikaten, Nutzung von Ökostrom, Server-Effizienzklassen, Leistungsaufnahme von Servern, aber auch zeitabhängige Ressourcenbereitstellung (Tag-/Nachtzeiten, Werktage, saisonale Unterschiede) und flexible Dienstgüteniveaus.

Wichtig ist, dass Green Policies nicht von TOSCA vorgegeben werden, sondern Anwender sie inhaltlich individuell gestalten können, jedoch in einer standardisierten Sprache.

Wie wird ein TOSCA-Modell maschinell ausgeführt?

Hierzu haben wichtige Anbieter von Cloud-Management-Systemen, die an TOSCA beteiligt sind, bereits Produkte angekündigt oder am Markt. Die Modellausführung ist Aufgabe eines sogenannten TOSCA-Containers, der über den Hypervisor der Cloud-Umgebung das Deployment und die Steuerung realisiert. Neben industriellen Lösungen besteht auch eine Open-Source-Entwicklung namens OpenTOSCA.[14]

Die Cloud-Migration mit einem TOSCA-Container erfolgt nach folgenden Schritten:

1. Der Anwender beschreibt den Cloud-Service einschließlich Green Policies als TOSCA Service Template.
2. Der Cloud-Provider führt mit dem TOSCA-Container automatisch das Deployment unter Beachtung der Green Policies in einer Cloud-Umgebung durch.
3. Der Anwender nutzt den Cloud-Service.
4. Die Cloud-Umgebung liefert für Green Policies relevante Betriebsdaten zurück an das Cloud-Management-System.
5. Der Cloud-Provider steuert über den TOSCA-Container durch Abgleich von Betriebsdaten und Green Policies die Cloud-Umgebung.

Mit diesen standardisierten Schritten wird es dem Anwender ermöglicht, seine Anwendungen automatisiert in die Cloud zu migrieren und gleichzeitig individuelle Green Policies zu definieren und vorzugeben.

MIGRATE! – Modelle, Verfahren und Werkzeuge für die Migration in Cloud-basierte energieoptimierte Anwenderstrukturen und deren Management

Projektleitung:
Prof. Dr. Stefan Kirn, Universitat Hohenheim, Stuttgart
stefan.kirn@uni-hohenheim.de
www.migrate-it2green.de

[12] OASIS: Topology and Ochestration – Specification for Cloud Applications – Version 1.0, OASIS Standard, 2013, http://docs.oasis-open.org/tosca/TOSCA/v1.0/os/TOSCA-v1.0-os.pdf

[13] OASIS: https://www.oasis-open.org/committees/tosca

[14] OpenTOSCA: http://demo.opentosca.org

4. Ausblick

Nachhaltige Technologiegestaltung

Green IT im Sinne einer energie- und ressourceneffizienten Gestaltung von Informations- und Kommunikationstechnik wird in den kommenden Jahren eher an Bedeutung gewinnen als verlieren. Hierfür sprechen die weiterhin steigenden Energiepreise sowie eine Bandbreite aktueller Markttrends:

- die Implementierung von vernetzten Sensoren in jeglichen Objekten und damit die Erzeugung hoher Datenmengen (Smart Factory, Smart Building, Smart Home),
- die intelligente Erfassung und Auswertung dieser immer umfangreicher werdenden Datenquellen (Big Data bzw. Smart Data),
- die automatisierte Verarbeitung von Daten einschließlich der selbstständigen Auslösung von Aktionen (Ambient Intelligence),
- die fast vollständig IT-basierte Abwicklung von Geschäftsprozessen, welche immer häufiger Echtzeit-Synchronisierung erfordern (eBusiness),
- High Performance Computing (HPC) in Unterstützung von Simulationen in Forschung und Entwicklung, Zustandsanalysen und Prognosen für Wirtschaft und Politik,
- die nächste Generation intelligenter Netze und deren Möglichkeiten zur adaptiven Anpassung an veränderte Umgebungsbedingungen (Software Defined Networks),
- die Verschmelzung von stationären und mobilen Anwendungen bzw. Nutzungsmustern einschließlich der Internetnutzung (konvergente IKT, Cloud),
- nichtflüchtige Speicher, die schnell und großvolumig sind,
- anspruchsvolle Datenschutzanforderungen, welche aufgrund von Kodierung und Mehrfach-Duplizierung hohe Datenmengen generieren.

Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen, für Behörden und Universitäten sind sowohl die steigende Nutzungsnachfrage als auch die anhaltend dynamische Technikentwicklung eine erhebliche Herausforderung. Das Zusammenführen und Ausbalancieren unterschiedlicher Zielanforderungen wie Verfügbarkeit, Dienstgüte und Energieeffizienz aber auch die Migrationsfähigkeit und der Umgang mit Altsystemen erfordert erweiterte analytische Fähigkeiten und eine komplexe Datenbasis.

Schon heute etablieren sich ganzheitliche Managementsysteme zur stärker automatisierten Kontrolle und Steuerung von IKT und Gebäudeinfrastrukturen bzw. spezifisch für den Rechenzentrumsbereich. In der Praxis zeigen sich allerdings noch immer erhebliche Schnittstellenprobleme.

Energiemanagementsystem nach ISO 50001

Der Einsatz von Energiemanagementsystemen in deutschen Unternehmen hat in den vergangenen Jahren – auch im internationalen Vergleich – eine beeindruckende Steigerung erlebt. Der Einsatz von zertifizierten Systemen nach ISO 50001 ist in Deutschland Voraussetzung zur Inanspruchnahme von Vergünstigungen bei der Energie- und Stromsteuer. Insbesondere Unternehmen des produzierenden Gewerbes sind hier auf Grund dieser gesetzlichen Rahmenbedingungen Vorreiter bei der Implementierung.

Der Einsatz von Energiemanagementsystemen bedingt eine umfassende Kenntnis über den Energieeinsatz des Unternehmens und ermöglicht dadurch eine stetige Optimierung des innerbetrieblichen Energieeinsatzes. Hierbei ist der Einsatz von Methoden und Instrumenten auf Basis von technologisch hochentwickelten und in die bestehenden Strukturen integrierten informationstechnischen Lösungen eine Chance, die Potenziale eines Energiemanagements vollumfänglich auszuschöpfen. Eine entsprechend ausgestaltete IKT bietet die Möglichkeit detailliert Verbrauchsdaten zu erfassen und im Rahmen des Energiemanagementsystems Einsparpotenziale zu identifizieren und zu heben. Gerade durch die informationstechnologische Integration verschiedener Anwendungen ergeben sich hier vielfältige Möglichkeiten.

> Die Einbindung aller wesentlichen Betroffenen – sowohl die Mitarbeiter als auch das Management – ist für den Erfolg eines solches Systems entscheidend.

Durch einen intelligenten Einsatz geeigneter IKT lässt sich die Transparenz innerhalb des Energiemanagements deutlich erhöhen. Die erzielten Ergebnisse lassen sich dokumentieren und zielgruppengerecht darstellen, um die Akzeptanz und den stetigen Erfolg des Systems sicherzustellen.

Die aktuellen politischen Rahmenbedingungen von nationaler wie auch von europäischer Seite lassen erwarten, dass sich der Einsatz von Energiemanagementsystemen weiter verbreiten wird. Daher ist mit einem wachsenden Markt für entsprechende Lösungen zu rechnen.

Ganzheitliche Umweltbewertung

Neben dem Thema der Energieeffizienz wird auch das Thema der ganzheitlichen Umweltbewertung (Ökobilanz) an Bedeutung gewinnen. Dabei wird nicht nur die Nutzung von IKT-Hardware sondern auch deren Produktion und Entsorgung analysiert. Gerade bei kurzlebigen Endgeräten kann ein frühzeitiger Ersatz aus Energieeffizienzüberlegungen zwar sinnvoll erscheinen, aus ganzheitlicher Umweltsicht sieht dies jedoch häufig anders aus, sodass eine längere Nutzung von Hardware einem frühen Ersatz vorzuziehen ist.

Neben dem Carbon Footprint wird vor allem der Aspekt der Nutzung kritischer Rohstoffe in der ganzheitlichen Bewertung an Relevanz gewinnen. Dies hat zwei Gründe:

1. Der Bedarf an kritischen Rohstoffen wie z. B. Indium, Gallium und seltene Erden wächst in allen Hightech-Bereichen.
2. Die Rückgewinnung dieser oft in kleinsten Mengen in Produkten genutzten Materialien ist mit heutigen Recyclingtechnologien nicht effizient möglich.

Ein anderes Potenzial liegt im Bereich der „grünen“ Software, die aber noch in den Kinderschuhen steckt. Welche Ansätze es bereits gibt und welche Herausforderungen in der Implementierung von grüner Software stecken, wird im folgenden Abschnitt vertieft.

Grüne Software

Green IT adressiert bisher neben der Verbesserung der IKT-Hardware z. B. durch effizientere Komponenten vor allem deren energieoptimierte Steuerung. Bei Endgeräten zeigt sich dies in einem vorinstallierten Power Management, welches mittlerweile Standard ist. Bei Rechenzentren ist es vor allem die Virtualisierung, aber auch andere Ansätze für den lastadaptiven Betrieb, wie sie im vorangegangenen Kapitel vorgestellt wurden.

Bislang noch nicht bzw. nur sehr ausgewählt adressiert ist die energiesparende Programmierung von Anwendungen selbst – sogenannte Grüne Software. Sie zielt darauf ab, den Ressourcenverbrauch durch effizientere Softwarelösungen zu optimieren. Im Vordergrund steht dabei, bereits während der Programmierung ein Bewusstsein für Ressourceneffizienz zu schaffen. Die gängigen Programme sprechen heutzutage aufgrund der Überverfügbarkeit von Rechen- und Speicherleistung die Hardware ineffizient an. Allein die Funktionalität des Programms steht im Vordergrund. Dabei werden entweder Hardwareressourcen für nicht benötigte Programmfunktionen reserviert oder es wird Rechenlast erzeugt, die für die Ausführung der vom Nutzer gewünschten Programmfunktionen gar nicht erforderlich ist. Hierbei spielt zum einen die Programmierung selbst und zum anderen die verwendete Programmiersprache eine Rolle.

Methodische Hürden

Methodisch stellt Grüne Software eine Herausforderung dar. Software kann nicht einzeln betrachtet werden, sondern ist immer Teil eines komplexen Systems, sei es im Verbund Endgerät – Netzwerk – Rechenzentrum oder auch auf einem Endgerät selbst mit der spezifischen Konfiguration – Betriebssystem – parallel genutzter Software. Andere Komponenten des Systems treten mit der Software in Wechselwirkungen und machen allgemeingültige Aussagen schwierig. Im Folgenden werden die wichtigsten Trends und Ansätze beschrieben.

Begrenzung des Datenverkehrs

Der größte Treiber des Datenverkehrs und des damit verbundenen Ressourcenverbrauchs ist die audiovisuelle Unterhaltung. Eine Reduzierung der zu übertragenden Daten kann daher ein Optimierungsziel sein, wobei verschiedene Aspekte zu berücksichtigen sind:

Nutzer stellen unterschiedliche Qualitätsansprüche an Bild- und Videodateien. Um den Ressourcenbedarf an die Nutzeranforderungen anzupassen, werden zunehmend wählbare Auflösungen von Bild- und Videodateien angeboten. Bei eingebetteten Bildern sollte nicht die maximal mögliche, sondern eine auf die Anwendung angepasste Auflösung gewählt werden.

Um den Datenstrom zu reduzieren, kann auf Dateikomprimierung zurückgegriffen werden. Hier steht der reduzierte Datenstrom dem erhöhten Rechenaufwand zur Kodierung und Dekodierung der Dateien gegenüber. Entscheidend sind dabei auch die zur Übertragung verwendeten Netze. Wird das vergleichsweise ineffiziente Mobilfunknetz zur Datenüber-

tragung genutzt, fällt eine schwache Komprimierung stärker ins Gewicht als bei der Verwendung der effizienteren LAN oder WLAN Netze. Gerade bei mobilen Anwendungen sollte eine Software daher nicht die Nutzung des Mobilfunknetzes vorschreiben, wenn WLAN zur Verfügung steht. Neben der Reduzierung von Dateigrößen sollte auch geprüft werden, wie häufig die Kommunikation einer (mobilen) Endanwendung mit einem Rechenzentrum notwendig ist – sei es zur Suche nach Updates, zum Abruf von Statusmeldungen oder zum Senden von Log-Dateien.[15] Hier bieten auch effizient programmierte Apps noch Optimierungspotenzial.

Programmiersprachen und modulare Software

Ein großes Optimierungspotenzial besteht in der Verbesserung der Programmiersprachen. In webbasierten Anwendungen oder Apps werden zunehmend dynamische Programmiersprachen eingesetzt, die die Hardwareressourcen noch ineffizient ansprechen. Insbesondere die Parallelnutzung von Prozessoren (Multithreading) wird noch nicht genügend unterstützt. Diese Programme sind aufgrund beschränkter Akkukapazitäten bereits im Hinblick auf Ressourceneffizienz auf dem Endgerät programmiert, können aber derzeit das Leistungspotenzial von stationären Mehrkernsystemen nicht ausschöpfen. Außerdem ist zu prüfen, ob die Software im Gesamtsystem ebenfalls effizient arbeitet. Die angesprochenen Apps sind zwar häufig für den Betrieb auf mobilen Geräten optimiert, verlagern aber einen Teil der benötigten Rechenoperationen auf Server in Rechenzentren, wo sie mehr oder weniger effizient arbeiten.

Nach Untersuchungen der BITKOM wird die Hälfte der Funktionen von Standardsoftware vom durchschnittlichen Nutzer nie verwendet.[16] Der modulare Ansatz der Mobilanwendung kann als Vorbild dienen, sodass die Nutzer nur Features auswählen, die sie auch verwenden. Da ein Nutzer im Zweifelsfall eher das Maximum an Funktionen wählt, ist es erforderlich eine größere Transparenz der Features zu schaffen. Darüber hinaus muss die Software es dem Nutzer leicht machen, ressourcenschonende Einstellungen vorzunehmen. Zu beachten ist, dass gerade durch Updates oftmals persönliche Einstellungen zurückgesetzt werden. Hier sollte auf eine verbesserte Versionskompatibilität bezüglich individualisierter Programme geachtet werden.

Effiziente Nutzung von Speichern

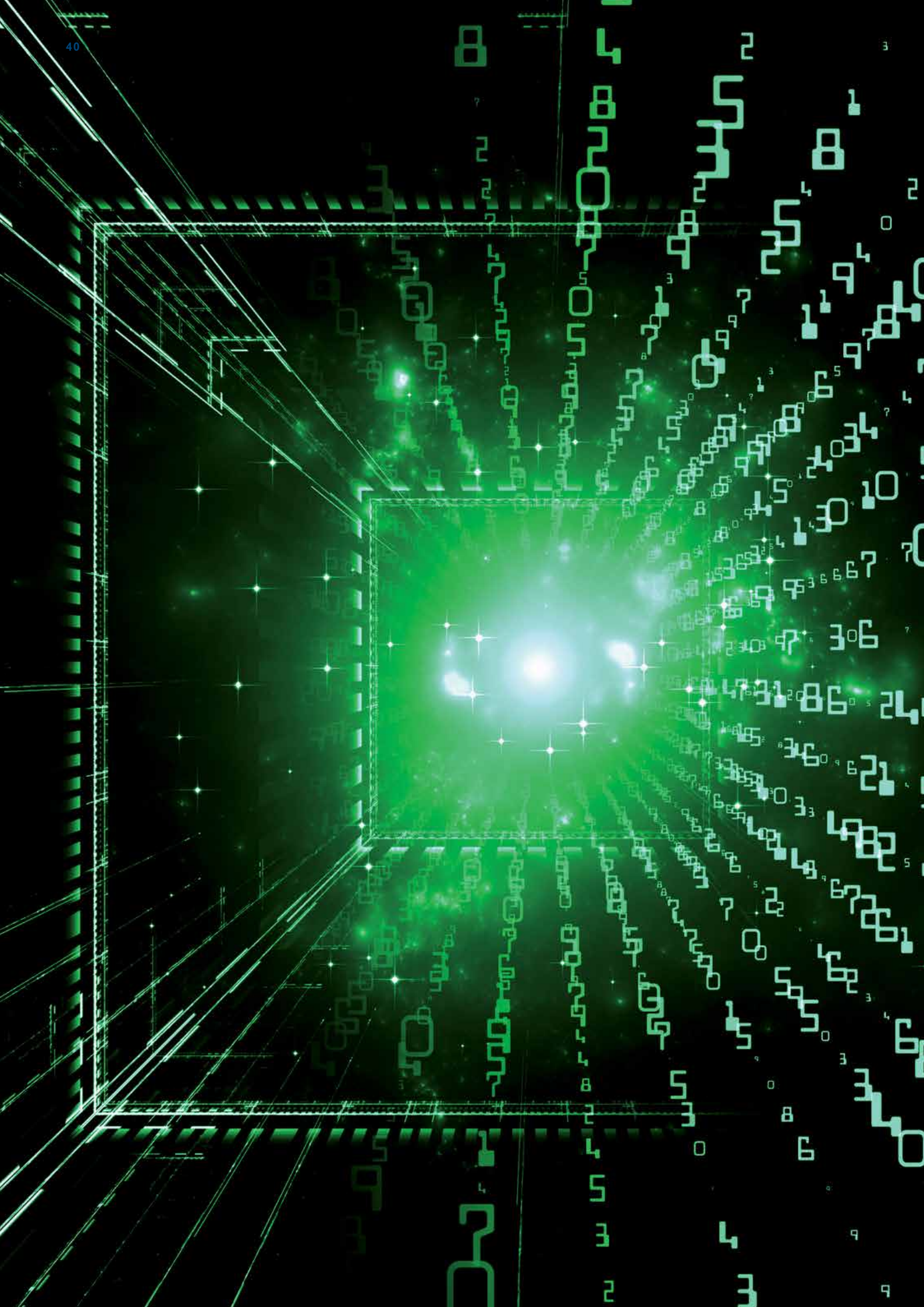
Das wirtschaftliche Interesse, Speicherplatz effizient zu nutzen, ist momentan aufgrund der geringen Hardwarepreise relativ gering. Technisch ist hier jedoch Potenzial vorhanden. Unter anderem werden dabei die Dateikompression und die gezielte Archivierung oder Löschung von Dateiduplikaten (Deduplifizierung) adressiert. Hinsichtlich unterschiedlicher installierter Hardware kann per Software automatisch das effizientere Speichermedium verwendet werden, sodass selten verwendete Daten in Rechenzentren beispielsweise auf Bandsystemen gespeichert werden, während häufig fluktuierende Daten auf Flashspeichern gesichert werden. Das Freigeben nicht benötigter Ressourcen erhöht die Nutzerperformance und kann die Obsoleszenz bereits installierter Hardware verringern, da diese nicht so schnell wegen erhöhter Leistungsanforderungen ausgetauscht werden muss.

Fazit

Die Umsetzung Grüner Software steckt noch in den Kinderschuhen, aber die grundlegenden Ansätze sind gegeben und können weiterentwickelt werden. Die Motivatoren sind einerseits die moderne umweltbewusste Denkweise und andererseits rein wirtschaftliche Erwägungen. In den kommenden Jahren wird der Gedanke der Ressourceneffizienz bei neuen Softwareprodukten mehr und mehr Einzug halten. Zu den wichtigsten Weichenstellungen zählen die Modularität der Programme und das Bewusstsein für künftige Softwareanforderungen bei der Wahl der Programmiersprache. Durch Zusammenstellung konkreter Programmierleitfäden und Sammlung von Best Practice Beispielen von Grüner Software kann und sollte dieses Thema aktiv vorangetrieben werden.

[15] David Bicknell: Green Tech – Putting Green IT, sustainability and lean thinking into context: 8 ways to make your software applications more energy efficient, 2012
http://www.computerweekly.com/blogs/greentech/2012/02/making-your-software-applications-more-energy-efficient.html

[16] Ralph Hintemann: 4. Jahrestagung Wissenschaftsforum GreenIT: Grüne Software: Potenziale zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der IT – Konkrete Ansatzpunkte zur Reduktion von Energie- und Ressourcenverbrauch durch Software, Borderstep Institut



5. Technologieprogramm IT2Green

Energieeffiziente IKT für Mittelstand, Verwaltung und Wohnen

Die vorliegende Broschüre wurde im Rahmen des Technologieprogramms „IT2Green – Energieeffiziente IKT für Mittelstand, Verwaltung und Wohnen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie erstellt und baut auf den Forschungsergebnissen und Erkenntnissen der beteiligten Projekte auf. Das Technologieprogramm IT2Green fördert insgesamt zehn Verbundprojekte, die Informations- und Kommunikationstechnologien in unterschiedlichen Anwendungsbereichen mit dem Ziel erforschen, die Energieeffizienz von IKT-Systemen zu optimieren. Gegenstand der Projektarbeit sind somit nicht die Energieeinsparungen, die mit der Anwendung von IKT möglich sind, sondern die Reduktion des Energiebedarfs, der zum Betrieb der IKT-Systeme selbst benötigt wird.

Die Steigerung der Energieeffizienz im Bereich der IKT ist ein komplexes Aufgabenspektrum. Dieses umfasst auf technischer Ebene die Entwicklung von neuer Hardware und Software sowie die intelligente Abstimmung und Steuerung dieser Elemente in einem Produktsystem. Gleichzeitig sind ökonomische und insbesondere auch rechtliche Rahmenbedingungen entscheidende Faktoren für eine ganzheitliche Optimierung von IKT-Systemen, die oftmals einen real limitierenden Aspekt darstellen. Die IT2Green-Verbundprojekte verfolgen Lösungsansätze, die ganzheitlich und beispielhaft sind. Sie demonstrieren neue Prinzipien und systemische Ansätze zur Energieoptimierung im Bereich der IKT einschließlich Telekommunikation, Rechenzentren und Endgeräte. Kundendefinierte Leistungsparameter (Performance) und Dienstgüte (Quality of Service) beeinflussen diesen Vorgang erheblich und stellen wesentliche Randbedingungen dar.

Ein übergreifender Optimierungsansatz ist beispielsweise die bedarfsgerechte Bereitstellung von IT-Ressourcen. Das heißt:

> IKT-Systeme sollen dann zur Verfügung stehen, wenn sie benötigt werden und automatisch in stromsparende Betriebszustände geschaltet werden, wenn sie nicht benötigt werden.

Dieser technische Ansatz erfordert eine erweiterte Systemsicht. Die Forschungsprojekte setzen dabei einerseits auf eine intelligente Verknüpfung bereits vorhandener Sensorik zur aktiven Schaltung von Anwendersystemen und andererseits auf Prognostikwerkzeuge, die vielfältige Informationen erfassen, auswerten und in eine Bedarfsprognose umsetzen.

Ein weiterer Ansatz ist die gezielte Auslastungssteigerung von vorhandenen IT-Ressourcen. Im Gegensatz zu existierenden Technologien wie der Virtualisierung geht es in den IT2Green-Projekten aber um komplexe Lastverschiebungen, Monitoring und Managementlösungen, die eine Vielzahl von technischen und ökonomischen Faktoren berücksichtigen und steuern. Da in der Praxis kein IKT-System einem anderen gleicht, muss der optimale Arbeitspunkt zum Beispiel eines Rechenzentrums oder eines Telekommunikationssystems individuell und periodisch immer wieder neu eingestellt werden.

Die Lösungsansätze im Technologieprogramm IT2Green realisieren diese erweiterte Systemsicht und nutzen dabei Lastverschiebungskonzepte, die lokal günstige Bedingungen berücksichtigen. So wird die Migration von IT-Anwendungen zwischen räumlich getrennten Rechenzentren untersucht und erprobt.

> Die Forschungsprojekte verfolgen das Ziel, die Energieeffizienz ganzheitlich zu steigern.

Die korrekte Messung der Energieeffizienzverbesserung ist dabei eine nicht unerhebliche Aufgabe. Die Forschungsprojekte nähern sich diesem Thema methodisch beispielsweise auch durch die Entwicklung relevanter Kennzahlen. Die umfangreichen Messungen in Rechenzentren und Bürogebäuden haben zudem gezeigt, dass die Software-basierte Zusammenführung und Auswertung von Messdaten aus unterschiedlichen Gewerken, wie beispielsweise Klimatisierungs- und Stromversorgungsinfrastruktur sowie IKT-Geräten, viel Handarbeit beinhaltet und noch erhebliches Verbesserungspotenzial aufweist.

Schließlich konzentrieren sich die Forschungsvorhaben auf die spezifischen Bedingungen und Bedürfnisse von IKT-Anwendern im Bereich Mittelstand, Verwaltung und Wohnen. Für eine praxisnahe Entwicklung und Erprobung

von energieeffizienten IKT-Systemen sind die Forschungsprojekte nicht nur interdisziplinär aufgestellt, sondern auch regionale Verbünde gebildet worden.

Die enge Zusammenarbeit von Forschung, Industrie und Anwendern ermöglicht Modellprojekte, in denen verallgemeinerungsfähige Lösungen für einen breitenwirksamen Einsatz erarbeitet werden.

Drei Themencluster

IT2Green umfasst zehn Förderprojekte, die in den Themenclustern „Telekommunikationsnetze", „Rechenzentren und Clouds" und „Monitoring und Management" zusammengefasst sind. Mit diesen unterschiedlichen Themenschwerpunkten konzentrieren sich die Forschungsvorhaben auf die spezifischen Bedingungen und Bedürfnisse von IKT-Anwendern im Bereich Mittelstand, Verwaltung und Wohnen, um praxisnahe Lösungen für energieeffiziente IKT-Systemen zu entwickeln und zu erproben.

Cluster Telekommunikationsnetze

Im Cluster „Telekommunikationsnetze" werden vielfältige Ansätze zum lastadaptiven Betrieb von Telekommunikationstechnik untersucht und erprobt. Grundsätzliches Ziel ist es, einzelne Netzelemente in energiereduzierte Betriebszustände zu versetzen, wenn ein geringer Datenverkehr erwartet wird, ohne dass die Dienstgüte für den Kunden dabei abnimmt. Dabei muss auf mehreren Netzebenen ein koordiniertes Energiemanagement implementiert werden

Projekte:
- ComGreen (www.communicate-green.de)
- DESI (www.desi-it2green.de)
- IntelliSpektrum (www.intellispektrum.de)

Cluster Rechenzentren und Clouds

Im Cluster „Rechenzentren und Clouds" werden Methoden und Technologien entwickelt, die es erlauben, die Auslastung von IT-Systemen in einem einzelnen oder im Verbund agierenden Rechenzentren zu steigern. Ziel ist es, energierelevante Standortvorteile zu einem bestimmten Zeitpunkt ausnutzen zu können.

Projekte:
- AC4DC (www.ac4dc.com)
- GGC-Lab (www.ggc-lab.de)
- GreenPAD (www.green-pad.de)
- MIGRATE! (www.migrate-it2green.de)

Cluster Monitoring und Management

Im Cluster „Monitoring und Management" werden intelligente Steuerungen für die bedarfsgerechte Bereitstellung von IT-Ressourcen am Büroarbeitsplatz entwickelt. Ziel ist es, die IKT-Geräte nur dann im vollen Betrieb zu haben, wenn der Nutzer anwesend ist und unmittelbar in einen Ruhezustand zu versetzen, wenn der Nutzer den Büroarbeitsplatz verlässt.

Projekte:
- Adaptive Sense (www.adaptive-sense.de)
- GreenIT Cockpit (www.greenit-cockpit.de)
- pinta (www.pinta-it2green.de)

Begleitforschung

Die Forschungsprojekte werden bei der erfolgreichen Umsetzung der Programmziele durch die wissenschaftliche Begleitforschung des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM und des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI unterstützt. Die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH ist für die Fachkommunikation zuständig.

Die zentrale Aufgabe der Begleitforschung ist die wissenschaftliche Unterstützung und Evaluierung der zehn geförderten Projekte. Darüber hinaus soll sie projektübergreifend Forschungsergebnisse sichten und in verallgemeinerungsfähiges Wissen übertragen. Zur Bearbeitung von Querschnittsthemen wurden drei projektübergreifende Fachgruppen gegründet, in denen die Projekte geleitet durch die Begleitforschung übergreifende Fragestellungen diskutieren.

Dieser Leitfaden basiert daher sowohl auf den Forschungsergebnissen der Projekte als auch auf den Erkenntnissen der Fachgruppen.

6. Kontakt und Informationen

Projektträger

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Projektträger im DLR
Konvergente IKT/Multimedia im Auftrag des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
Linder Höhe
51147 Köln
www.pt-multimedia.de
it2green@dlr.de

Begleitforschung

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und
Mikrointegration IZM
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin
www.izm.fraunhofer.de
it2green@izm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
www.isi.fraunhofer.de
it2green@isi.fraunhofer.de

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin
www.vdivde-it.de
it2green@vdivde-it.de

www.it2green.de

Y
Z
V
W
T
U
S
St
Q
R
P
M
K
L

7. Literatur

Energieeffiziente IKT für Mittelstand, Verwaltung und Wohnen

David Bicknell: Green Tech – Putting Green IT, sustainability and lean thinking into context: 8 ways to make your software applications more energy efficient, 2012, http://www.computerweekly.com/blogs/green-tech/2012/02/making-your-software-applications-more-energy-efficient.html

Eric Masanet, Arman Shehabi, Lavanya Ramakrishnan, Jiaqi Liang, Xiaohui Ma, Benjamin Walker, Valerie Hendrix, Pradeep Mantha: The Energy Efficiency Potential of Cloud-based Software: A U.S. Case Study, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013, http://crd.lbl.gov/assets/pubs/pr esosACSCloudEfficiencyStudy.pdf

Ergebnisse des SPECpowers_ssj2008-Benchmarks: http://www.spec.org/powers_ssj2008/results/

ErP Preparatory Study on Enterprise Servers (Lot 9), www.ecodesign-servers.eu

Jonathan G. Koomey: Growth in Data Center Electricity Use 2005 to 2010, Stanford University, 2011

Markus Stutz: Carbon Footprint of a Typical Rack Server from Dell, 2011, http://i.dell.com/sites/content/corporate/corp-comm/en/Documents/dell-server-carbon-footprint-whitepaper.pdf

Martin Rost, Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein (ULD), über die Vereinbarkeit von Datenschutz und Green IT, http://www.it2green.de/de/1223.p hp

Maximilian Boehner, Sebastian Porombka, Gudrun Oevel: Energieeffizienz im WLAN, Universität Paderborn

OASIS: Topology and Ochestration – Specification for Cloud Applications – Version 1.0, OASIS Standard, 2013, http://docs.oasis-open.org/tosca/TOSCA/v1.0/os/TOSCA-v1.0-os.pdf

OASIS: https://www.oasis-open.org/committees/tosca

OpenTOSCA: http://demo.opentosca.org

Ralph Hintemann: 4. Jahrestagung Wissenschaftsforum GreenIT: Grüne Software: Potenziale zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der IT – Konkrete Ansatzpunkte zur Reduktion von Energie- und Ressourcenverbrauch durch Software, Borderstep Institut

SPEC Power: SPECpowers_ssj2008 Results, http://www.spec.org/powers_ssj2008/results/

Steven Lanzisera, Bruce Nordman, and Richard E. Brown: Data Network Equipment Energy Use and Savings Potential in Buildings, Lawrence Berkeley National Laboratory, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 2010, http://www.aceee.org/files/proceedings/2010/data/papers/2195.pdf

Technical Whitepaper: HP Moonshot System, http://h20565.www2.hp.com/portal/site/hpsc/template.BINARY/PORTLET/publicKbDocDisplay/resource.process/?spfp.tpstKbDocDisplay/wsBI&spfp.ridKbDocDisplay/docDisplayResURL&javax.portlet.begCacheTok/com.vignette.cachetoken&spfp.rstKbDocDisplay/wsrp-resourceState/docId/253Demr/a-c03728406-3/257CdocLocale/253D&javax.portlet.endCacheTok/com.vignette.cachetoken

Technologieprogramm “Trusted Cloud” des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie: www.trusted-cloud.de

Links

- IT2Green: Green-IT Dossier (Informationssammlung rund um das Thema Green IT), http://www.it2green.de/de/1365.p hp
- Blauer Engel Rechenzentren: https://www.blauer-engel.de/de/produkte/marken/vergabegrundlage.php?id/226
- Energy Star (US): www.energystar.gov
- Energy Star (EU): www.eu-energystar.org/de
- JRC Code of Conduct for Energy-efficient Data Centres: http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ict-codes-conduct/data-centres-energy-efficiency
- Standard Performance Evaluation Corporation: www.spec.org

www.bmwi.de