

Schriftenreihe

Umwelt & Energie



Band 3

Energieeffizienz-Analysen in Rechenzentren

Messverfahren und Checkliste zur Durchführung

■ Impressum

Herausgeber: BITKOM
Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e. V.
Albrechtstraße 10 A
10117 Berlin-Mitte
Tel.: 030.27576-0
Fax: 030.27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

Ansprechpartner: Dr. Ralph Hintemann
Tel.: 030.27576-250
r.hintemann@bitkom.org

Verantwortliche Forum IT-Infrastruktur
BITKOM-Gremien: Forum Umwelt

Redaktion: Dr. Ralph Hintemann (BITKOM)

Redaktionsassistent: Biliana Schönberg (BITKOM)

Gestaltung / Layout: Design Bureau kokliko / Anna Müller-Rosenberger (BITKOM)

Copyright: BITKOM 2008

Stand: November 2008

Die Inhalte dieses Leitfadens sind sorgfältig recherchiert. Sie spiegeln die Auffassung im BITKOM zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Die vorliegende Publikation erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wir übernehmen trotz größtmöglicher Sorgfalt keine Haftung für den Inhalt.

Der jeweils aktuelle Leitfaden kann unter www.bitkom.org/publikationen kostenlos bezogen werden. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen bei BITKOM.

Mit freundlicher Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie

Band 3

Energieeffizienz-Analysen in Rechenzentren

Messverfahren und Checkliste zur Durchführung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Einleitung	4
2 Zielgruppe	5
3 Messungen	6
3.1 Vorbemerkung	6
3.2 Strommessungen	6
4 Checkliste zur Aufnahme der Energieeffizienz-Situation im Rechenzentrum	9
4.1 Vorbemerkungen	9
4.2 Allgemein	9
5 Durchzuführende Auswertungen und zu dokumentierende Ergebnisse	18
5.1 Allgemein	18
5.2 Strom	18
5.3 Klima	18
6 Empfehlungen	20
6.0 Vorbemerkung	20
6.1 Allgemein	20
6.2 Strom	21
6.3 Klima	22
6.4 IT	23
7 Ergebnisbericht	24
8 Begriffe	25
9 Literatur/Links (Auswahl)	27
Danksagung	28

Vorwort

Die Analyse von Aufbau und Struktur der Informationstechnik, der Klimatisierung und der Stromversorgung des Rechenzentrums stehen im Zentrum des vorliegenden Leitfadens „Energieeffizienz-Analysen in Rechenzentren“. Die Publikation dient als Hilfestellung für Betreiber, Berater und Ausrüster von Rechenzentren. Mit ihrer Hilfe kann eine Energieberatung von Rechenzentren durchgeführt werden. Für kleine und mittelständische Unternehmen bei Vorliegen bestimmter Voraussetzungen kann eine solche Energieberatung im Rahmen des Sonderfonds „Energieeffizienz in KMU“ förderfähig sein.

Dieser Leitfaden entstand auf Anregung der Arbeitsgruppe 1 „ITK-Standort Deutschland“ des IT-Gipfels.

BITKOM hatte bei der Erstellung die Federführung inne - Industrie, Beratungsunternehmen, Prüfwesen und Politik waren beteiligt. In insgesamt 10 Workshops und unter Beteiligung von mehr als 100 Experten ist das vorliegende Dokument entwickelt worden. Es wurde zum IT-Gipfel 2008 am 27. November 2008 in Darmstadt der Öffentlichkeit vorgestellt.

Die im Leitfaden dargestellte Energieeffizienzanalyse hat ihre Praxistauglichkeit zur Aufdeckung von Energieeinsparungsmöglichkeiten bereits in Pilotanwendungen beim Rechenzentrum des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie sowie beim Otto-Versand bewiesen.



Pilotanwendung der Energieeffizienz-Analyse im Rechenzentrum des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (v.l.: Stephanie Kage (BMWi), Franz Schwaab (HP), Gerold Reichle (BMWi), Simone Herrmann (BMWi), Dr. Ralph Hintemann (BITKOM), Bernd-Wolfgang Weismann (BMWi), Sabina Möhlmann (BMWi))

1 Einleitung

Hinsichtlich des Energieverbrauchs der ITK bestehen insbesondere im Bereich der Rechenzentren hohe Einsparpotenziale. Besonders attraktiv für Sparmaßnahmen ist dieser Bereich deshalb, weil diese Einsparungen teilweise durch geringen Aufwand und Investitionen erreicht werden können („low-hanging fruits“). Energiesparmaßnahmen in Rechenzentren amortisieren sich oft in kürzester Zeit.

Zur Identifikation dieser Einsparpotenziale ist eine Analyse des Ist-Zustands des Rechenzentrums Voraussetzung. Darauf aufbauend können mögliche Verbesserungsmaßnahmen identifiziert, bewertet und priorisiert werden. Zur Unterstützung der systematischen Durchführung dieser Aufgaben wurde der hier vorliegende Leitfaden entwickelt. Mit ihm soll sowohl die Transparenz als auch der Nutzen von Energieeffizienz-Analysen in Rechenzentren gesteigert werden. Die systematische Analyse zeigt die häufig bestehenden erheblichen (Kosten-) Vorteile auf und durch die standardisierte und in diesem Leitfaden herstellerneutral formulierte Vorgehensweise ist für die Rechenzentrumsbetreiber sichergestellt, ein möglichst optimales und mit anderen vergleichbares Ergebnis zu erhalten.

Da der Aufwand für eine Energieeffizienzanalyse erheblich von der Größe eines Rechenzentrums abhängig ist, werden in diesem Leitfaden drei unterschiedliche Rechenzentrumskategorien unterschieden:

- Kleine Rechenzentren (ca. bis 50 Server bzw. < 50 qm), Aufwand: ca. 4 Personentage
- Mittlere Rechenzentren (ca. 50 bis 200 Server bzw. 50 bis 200 qm), Aufwand: ca. 7 Personentage
- Große Rechenzentren (über 200 Server bzw. über 200 qm), Aufwand: ca. 10 Personentage

Diese Einteilung dient nur als Richtschnur für die Ausgestaltung der Energieeffizienzanalyse. Der konkrete Umfang muss abhängig von den vorliegenden Verhältnissen festgelegt werden.

Das Ergebnis einer mit Hilfe dieses Leitfadens durchgeführten Energieeffizienz-Analyse sind konkrete und priorisierte Maßnahmen, die im Rechenzentrum durchgeführt werden sollten, um den Energieverbrauch zu senken. Die dabei erreichbaren Einsparpotenziale sollen quantifiziert werden.

2 Zielgruppe

Dieser Leitfaden richtet sich unter anderem an Berater und Beratungsunternehmen, die Energieeffizienz-Analysen und Beratungen für Rechenzentren durchführen. Dabei liefert das Papier bewusst keine detaillierte Anleitung, wie bestimmte Sachverhalte in Rechenzentren ermittelt und bewertet werden können. Der Leitfaden gibt lediglich eine Hilfestellung, welche Sachverhalte betrachtet werden sollen. Der Berater bzw. das Beratungsunternehmen muss über ausreichend Fachkompetenz verfügen, die entsprechenden Analysen vorzunehmen.

Ebenfalls bietet dieser Leitfaden eine Hilfestellung für Rechenzentrums-Betreiber. Zum einen gibt die Publikation eine Übersicht zu Art und Umfang einer solchen Analyse und damit Hinweise, welche Kompetenzen zur Durchführung benötigt werden. Zum anderen kann der

fachkundige Rechenzentrumsbetreiber mit Hilfe der Angaben einen ersten Selbst-Check seines Rechenzentrums durchführen.

Bei den komplexen Strukturen eines Rechenzentrums ist die Auswahl eines geeigneten Energieberaters von entscheidender Bedeutung für den Erfolg eines Projektes zur Verbesserung der Energieeffizienz im Rechenzentrum. Qualifizierte Berater bzw. Beratungsunternehmen müssen über vielfältige Kompetenzen verfügen, insbesondere in den Bereichen IT-Management (Server, Storage, Netzwerk), Stromversorgung, Klimatisierung, Brandschutz, Sicherheit und Energiemanagement. Auf den Nachweis einer entsprechenden Qualifikation sollte beim Auswahlprozess des Beraters geachtet werden.

3 Messungen

■ 3.1 Vorbemerkung

Die Aufnahme des Stromverbrauchs und der Wärmeverteilung im Rechenzentrum stellt eine wesentliche Grundlage für die Energieeffizienzanalyse dar. Grundsätzlich sollen die im Folgenden beschriebenen Messungen möglichst nicht nur einmalig, sondern regelmäßig bzw. kontinuierlich erfolgen. Sie sollten eine Auswertung als Tages-, Wochen oder Monatsverlauf ermöglichen. Damit erhält der Rechenzentrumsbetreiber eine Datengrundlage, die die kontinuierliche Verbesserung der Energieeffizienz im Rechenzentrum unterstützt. Als positiver Nebeneffekt können so auch potenzielle Risiken und Störungen, die zum Ausfall der IT führen können, frühzeitig erkannt und behoben werden.

■ 3.2 Strommessungen

Die große Mehrzahl der IT-Verantwortlichen in Unternehmen hat keine Informationen darüber, wie hoch der eigentliche Stromverbrauch des Rechenzentrums und seiner einzelnen Infrastrukturkomponenten ist. Daher ist die Messung dieses Stromverbrauchs essentieller Bestandteil einer Energieeffizienzanalyse. Idealerweise sollte der Stromverbrauch kontinuierlich ermittelt werden. Der dazu notwendige Aufwand ist in aller Regel deutlich niedriger als der Nutzen, der aus der Verwertung dieser Informationen erreicht werden kann.

Abbildung 1 zeigt schematisch, an welchen Punkten Strommessungen vorgenommen und welche Messgrößen ermittelt werden sollten.¹

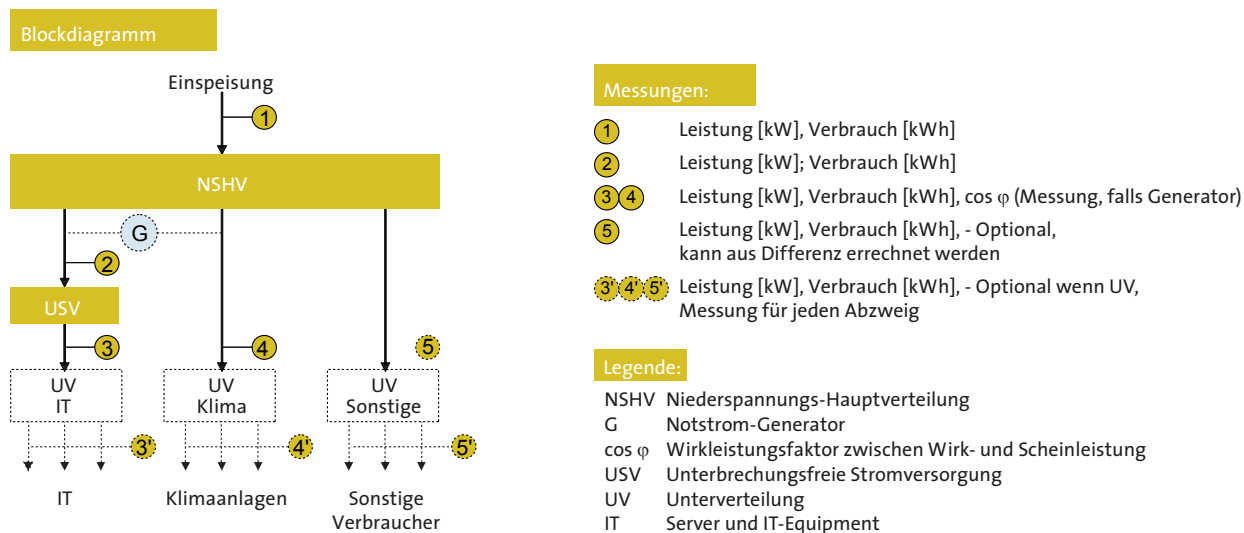


Abbildung 1: Strommessungen

Messungen	Kleine Rechenzentren	Mittlere Rechenzentren	Große Rechenzentren
Leistung [kW]	Messung als Spot-Messung	Max. 10 Messpunkte	Max. 20 Messpunkte
Verbrauch [kWh]	Tagesmessung (24h)	Tages-, Wochenmessung (7*24h)	Tages-, Wochenmessung (7*24h)
		Falls mehrere RZ an einem Standort nur das größte RZ	Bis max. 2 Lokationen an einem Standort

Tabelle 1: Aufwand für Strommessungen abhängig von der Rechenzentrumsgröße

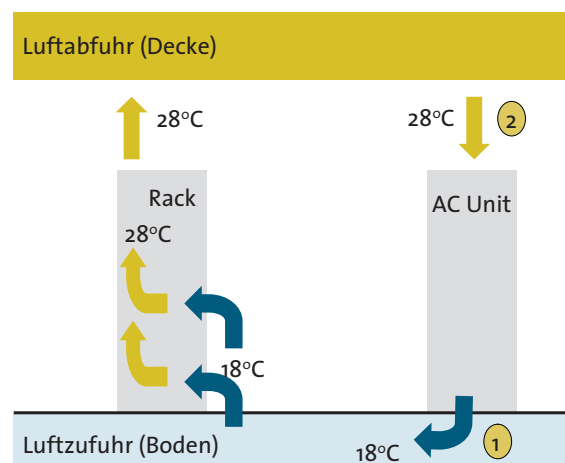
In der Regel wird die tatsächliche Infrastruktur im Rechenzentrum deutlich komplexer sein und es ist daher notwendig, an mehreren Punkten die Messungen durchzuführen und die zu ermittelnden Größen aus den Messungen zu errechnen. Auch kann es sinnvoll sein, weitere Messpunkte in die Betrachtung aufzunehmen. In Tabelle 1 ist eine Abschätzung des Aufwands der Strommessungen für verschiedene Rechenzentren dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass in kleinen Rechenzentren mindestens einmal kontinuierlich im Tagesverlauf gemessen werden sollte; in mittleren und großen Rechenzentren sollte mindestens eine Messung über den Ablauf einer Woche erfolgen. Diese Tabelle dient nur als Richtschnur. Es muss anhand der tatsächlichen Installation entschieden werden, welcher Aufwand konkret gerechtfertigt erscheint.

Temperaturmessungen und Wärmeverteilung

Der Aufwand zu Temperaturmessungen in Rechenzentren ist deutlich von der Komplexität des Rechenzentrums und von der Art der Messungen abhängig. Ebenso wie bei den Strommessungen bietet es sich auch hier an, kontinuierlich Werte aufzunehmen. Eine umfangreiche Messung der Temperaturverteilung im Rechenzentrum würde den Rahmen der in diesem Leitfaden beschriebenen Energieeffizienzanalyse sprengen.

Einen Anhaltspunkt für die Qualität der Klimatisierung bietet die Messung der Zu- und Ablufttemperatur direkt am Klimagerät bzw. an den Klimageräten. Gute Temperaturwerte sind der Abbildung 2 zu entnehmen. Weichen

die gemessenen Werte deutlich davon ab, ist davon auszugehen, dass die Klimaanlage nicht richtig eingestellt ist bzw. könnten Temperaturprobleme im Rechenzentrum bestehen.



Messungen:

- 1 Zuluft-Temperatur 2 Abluft-Temperatur

gute Werte:

18°C Zulufttemperatur

28°C Ablufttemperatur

ΔT : 10°C

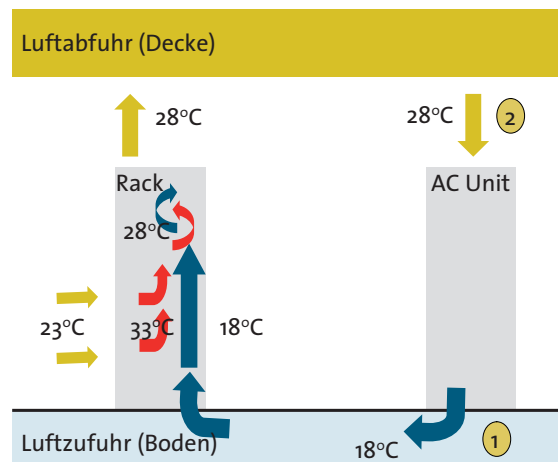
Abbildung 2: Temperaturmessungen – Beispielhafte Darstellung für ein Rechenzentrum mit Doppelboden

Einen Anhaltspunkt für die Qualität der Klimatisierung bietet die Messung der Zu- und Ablufttemperatur direkt am Klimagerät bzw. an den Klimageräten. Typische, „gute“ Temperaturwerte sind der Abbildung 2 zu entnehmen.

Grundsätzlich sind noch höhere Temperaturen anzustreben. Weichen die gemessenen Werte deutlich nach unten ab, ist davon auszugehen, dass die Klimaanlage nicht richtig eingestellt ist bzw. ggf. das Temperaturprobleme im Rechenzentrum bestehen.

Die Art und der Umfang dieser Messungen sind abhängig von der Struktur und Größe des Rechenzentrums. Folgende Vorgehensweisen sind prinzipiell möglich:

- Temperaturmessung an einer geeigneten Anzahl von Messpunkten
- Thermographie
- „Begehung mit Thermometer“
- Messwerte aus System-Management



Messungen:

- 1 Zuluft-Temperatur 2 Abluft-Temperatur

Beispiel zeigt, dass die Messungen allein nicht ausreichend sind!

Abbildung 3: Temperaturmessungen – Fehlluftbeispiel

4 Checkliste zur Aufnahme der Energieeffizienz-Situation im Rechenzentrum

■ 4.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel wird in Form von Checklisten dargestellt, welche Sachverhalte in einem Rechenzentrum aufgenommen werden sollten, um die aktuelle Energieeffizienz-Situation darzustellen und zu bewerten. Es ist wichtig anzumerken, dass der Umfang der Fragen versucht, ein möglichst breites Spektrum abzudecken. In Hinblick auf die Kategorisierung der Rechenzentren gemäß ihrer Größe bedeutet dies, dass nicht alle Fragen für jeden Typ Rechenzentrum relevant sind. Die Anpassung der Checklisten an die jeweilig vorliegende Situation gehört

zum Umfang der in diesem Leitfaden dargestellten Energieeffizienzanalyse.

Dabei orientiert sich dieses Kapitel sowie die Kapitel 5 und 6 an folgender Gliederung:

Allgemeine Situation im Unternehmen und im Rechenzentrum (z.B. Energiestrategie, Verantwortlichkeiten, Prozesse, Organisation der Energieversorgung)

- Stromversorgung
- Klimatisierung
- IT (Server, Storage, Netzwerk)

■ 4.2 Allgemein

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.1.	Gibt es eine Energiestrategie im Unternehmen?	Ja	<input type="checkbox"/>	
		Nein	<input type="checkbox"/>	
	Ist die Strategie schriftlich fixiert?	Ja	<input type="checkbox"/>	
		Nein	<input type="checkbox"/>	
1.2	Werden Energiesparmaßnahmen bereichsübergreifend betrachtet und entwickelt (IT, Gebäudemanagement, Energie, Controlling und Einkauf)?	Ja	<input type="checkbox"/>	
		Nein	<input type="checkbox"/>	
1.3	Sind die Zuständigkeiten zur Energieoptimierung klar geregelt?	Ja	<input type="checkbox"/>	
		Nein	<input type="checkbox"/>	
1.4	Ist ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess zur Energieoptimierung in Betrieb?	Ja	<input type="checkbox"/>	
		Nein	<input type="checkbox"/>	
1.5	Gibt es Vereinbarungen mit Energiedienstleistern? ■ Verfügbarkeit	Ja	<input type="checkbox"/>	
		Nein	<input type="checkbox"/>	
	■ Sondertarife	Ja	<input type="checkbox"/>	
		Nein	<input type="checkbox"/>	

1.6	Ist eine Energierückgewinnungsanlage im Unternehmen vorhanden?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Blockheizkraftwerk?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Eigene Energiegewinnung?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Energiemanagement existent?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.7	Gibt es Energy-Contracting?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.8	Angaben zur Struktur des Rechenzentrums ■ Zahl der Serverräume ■ Sonstige Räume ■ Weitere Angaben	..... ..... .....	
1.9	Art des Stromanschlusses (Niederspannung, Mittelspannung, direkt mit Umspannwerk verbunden, Ring, etc.)?	.....	
1.10	Welches Verfügbarkeitskonzept liegt vor? TIER ■ max. zulässige Ausfallzeit - NEA - USV - RLT - andere	..... ..... ..... ..... .....	
1.11	Strompreis	.....	

Strom

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.1	Werden Stromverbrauchsmessungen kontinuierlich durchgeführt und analysiert?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.2	Ist der Leistungsbedarf und Gesamtstromverbrauch des Rechenzentrums bekannt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	kW kWh
1.3	Ist der Stromverbrauch der Klimatisierung bekannt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	kWh
1.4	Sind die Verlustleistungen durch die Stromverteilung (Hauptverteilung, Unterverteilungen) bekannt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	kW
1.5	Wie viele sonstige Verbraucher (Alarmanlage, Brandschutz, etc.) im Rechenzentrum gibt es? Wenn ja, ist der Stromverbrauch bekannt?	Anzahl		kWh
1.6	Ist Gebäudeleittechnik vorhanden?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.7	Welches Redundanzkonzept wird bei der USV verfolgt?	.....	
1.8	Welche Leistung hat die USV?	kW		
1.9	Sind die realen Verlustleistungen der USV bekannt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	kW

1.10	Sonstige USV-Anlagen, statische Schalter, Stromverteilungsequipment größer 2kVA	Anzahl		Leistung
1.11	Sonstige USV-Anlagen, statische Schalter, Stromverteilungsequipment kleiner 2kVA	Anzahl		Leistung (Liste als Anlage)
1.12	Regelmäßige Überprüfung von Energiespeichern wie Batterieanlagen und Generatoren?	Intervalle der Überprüfung		

Klima

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.1	Welches Klimasystem wird verwendet (Mehrfachnennungen möglich): <ul style="list-style-type: none"> ■ Klimatisierung über zentrale Klimaanlage ■ eigenständige Klimaanlage ■ Umluftklimaschrank im Raum ■ Umluftklimaschrank in separatem brandschutztechnisch abgetrennten Raum ■ Splitklimagerate ■ Multisplitgeräte ■ Klimaanlage mit direktem Außenluftanschluss ■ Außenluftanteil über separate RLT-Anlage ■ Umluftklimaschrank mit Außenluftanteil ■ wassergekühlte Racks ■ sonstige Anlagensysteme 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
1.2	Installierte Kälteleistung im Raum <ul style="list-style-type: none"> ■ ohne Redundanz: ■ inkl. Redundanz:	..... kW kW		
1.3	Werden nicht benötigte Klimaanlage ausgeschaltet?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.4	Werden nicht benötigte Klimaanlage bewusst nicht ausgeschaltet, da ein gemeinsamer Betrieb aller Anlagen energieeffizienter ist?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.5	Eingesetztes Kühlmedium im Raum: <ul style="list-style-type: none"> ■ Kältemittel (wenn ja, welches?) ■ Wasser ■ Wasser / Glykol - Gemisch ■ andere Medien: 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
1.6	Eingestellte Sollwerte der Lufttemperaturen (sofern durch die Regelung eine Vorgabe möglich ist): <ul style="list-style-type: none"> ■ Zuluft in den Raum ■ Abluft aus dem Raum ■ Raumtemperatur	..... ..... .....	

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.7	Doppelboden vorhanden?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	lichte Doppelbodenhöhe:
	■ Verwendung des Doppelbodens für Luftführung?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Luftdruck im Doppelboden:
	Bei Verwendung des Doppelbodens zur Luftführung: ■ Ist der Doppelboden dicht? (dichte Wandabschlüsse, offene Stellen zwischen Platten, etc.)	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Regelung der Pressung im Doppelboden?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.8	Luftauslässe im Doppelboden: ■ einregulierbar?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ optimale Lage zur Klimatisierung?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Größe der Auslässe für die jeweilige Anwendung o.k.?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.9	Wird das Kalt-Warmgang-Prinzip eingehalten?	Ja teilweise Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Einhausung?	Kaltgang Warmgang keine	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.10	Sind Luftkurzschlüsse zwischen Zu- und Abluft möglich?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.11	Abluftführung im Raum über ■ zusätzliche Kanäle?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ eine abgehangte Decke	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.12	Bestehen Hindernisse in der Abluftführung (z.B. Kanäle, Unterzüge, Leuchten, etc.)	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.13	Bestehen Hindernisse in der Zuluftführung (z.B. Kabeltrassen im Doppelboden, Rohrleitungen, etc.)	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.14	Rackausführung: ■ Perforierte Türen? ■ Geschlossene Türen? ■ keine Türen? ■ Befinden sich unterhalb der Racks Öffnungen als Kabeldurchführungen? Wenn Ja: Sind die Öffnungen trotz Kabeldurchführungen lufttechnisch abgedichtet? ■ Verfügen die Racks über Blindblenden? ■ Sind Hot Spots/Wärmenester in den Racks vorhanden? ■ Sonstige Informationen zu den Racks (z.B. Türen stehen offen, etc.):	Ja teilweise Nein Ja teilweise Nein Ja teilweise Nein ja teilweise Nein Ja teilweise Nein Ja teilweise Nein Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.15	MSR-technische Verknüpfung aller Klimageräte / -schränke? ■ zyklische Umschaltung zwischen den Geräten	Ja Nein Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Wenn ja, wie häufig?
1.16	Ventilatoren der Klimaschränke /-geräte?: ■ drehzahlgeregelt? ■ Einsatz von EC-Ventilatoren? ■ horizontale Einblasung im Doppelboden? ■ gemessener Luftvolumenstrom pro Klimaschrank:	Ja Nein Ja Nein Ja Nein m³/h m³/h m³/h	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Gerät 1 Gerät 2 Gerät 3

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.27	Sollwerte der Wassertemperaturen bzw. Wasser/ Glykol-Temperaturen (soweit vorhanden): ■ Vor-/Rücklauftemperatur (Primärkreislauf) ■ Vor-/Rücklauftemperatur (Sekundärkreislauf)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
1.28	Auslegungs-Außentemperatur	..... °C		
1.29	Sind die Rückkühler einer direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.30	Wird die Außenlufttemperatur für die Rückkühler durch zusätzliche Maßnahmen für eine geringere Ansaugtempera- tur vorab gekühlt (z.B. Hybridkühler) Wenn ja, welches System wird eingesetzt	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.31	Wird die Rückkühlung über Freie Kühlung gefahren? Wenn ja, kann im Mischbetrieb zwischen Freier Kühlung und Kompressorbetrieb gefahren werden? Bei Freikühlbetrieb: ■ Direkte Freie Kühlung ■ Indirekte Freie Kühlung Bei welcher Temperatur wird die freie Kühlung eingeschaltet?	Ja Nein Ja Nein <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> °C	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.32	Sind die Kälteaggregate untereinander MSR-technisch verknüpft?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.33	Werden Systemtemperaturen durch MSR-Technik automa- tisch angepasst?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.34	Werden drehzahlgeregelte Pumpen eingesetzt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.35	Sind Einregulierungsmöglichkeiten im Rohrnetz vorgesehen worden?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.36	Ist ein Monitoring-System vorhanden?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.37	Wird entstehende Abwärme genutzt? Wenn ja: ■ Welche Abwärme wird genutzt? ■ Welches Rückgewinnungssystem wird für die Nutzung eingesetzt? ■ Wo wird die zurück gewonnene Wärme eingesetzt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.38	Einsatz von Sonderlösungen (z.B. Erdwärme)	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.39	Reinigung/Wartung/Pflege der Klimaanlage/-geräte ■ Wird eine regelmäßige Wartung durchgeführt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Wird eine regelmäßige Reinigung der Rückkühler durchgeführt (insbesondere vor dem Sommer)?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Ist der Zustand der Rückkühlflächen im Freien in Ordnung?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Werden die Luftfilter regelmäßig geprüft?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Wird der Filterzustand automatisch gemeldet?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

IT

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
Server				
1.1	Aufnahme der Hardware, insbesondere: ■ Servertyp und –Hersteller ■ Baujahr ■ Anzahl und Typ Prozessoren ■ OS und Version ■ Größe Memory ■ Stromaufnahme min. / max. ■ Aufstellung: Rack, Standalone, Blade? ■ Zahl und Auslegung der Netzteile ■ Zahl, Größe und Nutzung von Plattenlaufwerken	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	 	Aufnahme idealerweise mit einem geeigneten Software-Tool; Dokumentation über Softwaretool bzw. entsprechende Hardware-Listen
1.2	Werden Stromspartechnologien genutzt? ■ Dynamische Stromspartechnologien, die die Frequenz und Spannung der Prozessoren abhängig von der Auslastung automatisch regeln ■ Schalten sich die Server selbständig in einen Energiesparmodus	Ja Nein Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bei „Ja“ Umfang der Nutzung angeben: – Bei „Ja“ Umfang der Nutzung angeben:
1.3	Anwendungen ■ Bereitstellungsverfahren der Anwendungen - Dezentral (PC-Systeme; Notebooks) - Zentral (Terminalserver, Virtuell, Web) ■ Aufnahme der Anwendungen, insbesondere - Name und Version der Anwendung - Abhängigkeit an Subsysteme (Datenbanken, Print etc.) - Anzahl Benutzer (Installation und tatsächliche Nutzer) - Kritikalität/SLA			Geeignete, der Aufnahme angepasste Dokumentation

Nr.	Aufzunehmender Sachverhalt			Bemerkung
1.4	Wird Servervirtualisierung eingesetzt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bei „Ja“, wann:
1.5	Ist ein System Management Tool vorhanden, das sich zur Realisierung von Energieeinsparpotenzialen eignet?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bei „Ja“, wann:
Storage				
	Aufnahme der Hardware pro Gerät, insbesondere: ■ Storagetyp und –Hersteller ■ Baujahr ■ Größe gesamt ■ Anzahl Disc-Drives ■ Ausbaustufe/freie Kapazität ■ Nutzungsgrad ■ Anschlussart (DAS/NAS/SAN) ■ Aufstellung: Rack, Standalone, Blade ■ Stromaufnahme min. / max.			Aufnahme idealerweise mit einem geeigneten Software-Tool; Dokumentation über Softwaretool bzw. entsprechende Hardware-Listen
	Gibt es ein Ausfallkonzept? (Redundanz/Spiegelung/Desaster Recovery)	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	Wird Storagevirtualisierung eingesetzt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Wird ILM (Information LifeCycle Management) genutzt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Werden unnötige/veraltete Daten regelmäßig gelöscht?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	Ist ein Archivierungssystem implementiert?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	■ Welches Datensicherungs-System wird genutzt? ■ Welche Medien werden genutzt?			
	Wurde bereits eine Storagekonsolidierung durchgeführt?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bei „Ja“, wann:
	Wird ein Storage Management Tool verwendet, das sich zur Realisierung von Energieeinsparpotenzialen eignet?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bei „Ja“ Umfang der Nutzung hinsichtlich Energieeinsparung angeben:
Netzwerk u.a. Komponenten				
	Aufnahme der Hardware pro Gerät, insbesondere: ■ Gerätetyp und –Hersteller ■ Baujahr ■ Leistungsdaten ■ Ausbaustufe/freie Kapazität ■ Nutzungsgrad ■ Aufstellung: Rack, Standalone, Blade ■ Stromaufnahme min. / max.			Aufnahme idealerweise mit einem geeigneten Software-Tool; Dokumentation über Softwaretool bzw. entsprechende Hardware-Listen
	Wann wurde die letzte Revision des Netzwerkes durchgeführt?			
	Wird ein Netzwerk Management Tool verwendet, das sich zur Realisierung von Energieeinsparpotenzialen eignet?	Ja Nein	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bei „Ja“ Umfang der Nutzung hinsichtlich Energieeinsparung angeben:

5 Durchzuführende Auswertungen und zu dokumentierende Ergebnisse

■ 5.1 Allgemein

Eine Auswertung folgender allgemeiner Elemente des Energiemanagement des Rechenzentrums ist durchzuführen:

- Organisation des Energiemanagements im Unternehmen
- Verantwortlichkeiten (Einkauf, Betrieb) für Energieverbrauch
- Art der Zusammenarbeit mit Partnern (Energieversorger, andere Dienstleister)
- Nutzung alternativer Technologien, Wärmerückgewinnung, etc.

■ 5.2 Strom

Folgende Werte sind zu ermitteln:

1.	Jahresstromverbrauch RZ:	.....	Kosten:	.....
2.	Jahresstromverbrauch Klimatisierung:	.....	Kosten:	.....
3.	Jahresstromverbrauch USV:	.....	Kosten:	.....
4.	Jahresstromverbrauch Sonstiges:	.....	Kosten:	.....
5.	PUE (Power Usage Effectiveness):	.....	
	DCiE (Data Center infrastructure Efficiency):	.....	

Erläuterungen:

PUE: Quotient aus Gesamt-Energieverbrauch durch Energieverbrauch (nur) des IT-relevanten Inhaltes
 DCiE (Data Center infrastructure Efficiency): Quotient aus Energieverbrauch des IT-relevanten Inhaltes durch Gesamt-Energieverbrauch (= 1/PUE)

Bei der Beurteilung eines Rechenzentrums über den PUE-Wert bzw. über den DCiE ist weniger der absolute Wert zu betrachten. Rechenzentren erfüllen heutzutage verschiedene Aufgaben. Der PUE/DCiE eines Rechenzentrums, das nur mit einem Typ von Servern betrieben wird, ist sicherlich anders zu bewerten, als ein Rechenzentrum, das im Wesentlichen Colocation-Fläche zur Verfügung stellt. Ganz wesentlichen Einfluss auf die realisierbaren Werte hat auch das Verfügbarkeitskonzept des Rechenzentrums. PUE- und DCiE-Wert sind geeignet, um Verbesserungen an einem existierenden Rechenzentrum zu bewerten.

Neben den Jahreswerten sollten auch Auswertungen zu den zeitlichen Verläufen der Leistungsbedarfe (Tages-, Wochen-, Monats-, Jahresverlauf) angefertigt werden. Das Ausmaß dieser Auswertungen richtet sich nach den konkreten Gegebenheiten im Rechenzentrum.

■ 5.3 Klima

Zulufttemperatur:	.....	(für jedes Klimagerät aufzunehmen)
Ablufttemperatur:	.....	(für jedes Klimagerät aufzunehmen)

Temperaturverteilung (z.B. Messprotokolle, Wärmebilder, schriftliche Analysen)

5.4 IT

Im Rahmen der Auswertung der IT ist insbesondere eine Aufnahme der vorhandenen Hard- und Software vorzunehmen (Details siehe Checkliste 4.4). Weiterhin ist eine Auswertung hinsichtlich folgender Punkte durchzuführen:

- Potenzial für Konsolidierung und Virtualisierung
 - Server
 - Storage
 - Anwendungen
 - Netzwerk
- Verbesserung der Organisation / der Abläufe
- Offensichtliche Möglichkeiten zur Abschaltung/Ersatz veralteter Software/Hardware
- Reduzierung der eingesetzten Appliances für spezielle Dienste wie Firewalls, Loadbalancing, etc.
- Einsatz von geeigneten Komponenten und Management-Tools zur Reduzierung des Energieverbrauchs

6 Empfehlungen

■ 6.o Vorbemerkung

Im Rahmen dieses Leitfadens können nur allgemeingültige Angaben zu den Empfehlungen gemacht werden. Aus diesem Grunde sind hier auch nur solche Maßnahmen skizzenhaft aufgeführt, die im Regelfall große Energiesparpotenziale in sich bergen. Diese Liste ist nach der Aufnahme zu detaillieren und um die Gegebenheiten im konkreten Einzelfall zu ergänzen. In einem zweiten Schritt

ist insbesondere anzugeben, inwieweit die hier dargestellten Empfehlungen im konkreten Fall anwendbar sind, mit welcher Priorität sie verfolgt werden sollen und welche Energieeinsparpotenziale realistisch erreicht werden können. Eine sehr gute aktuelle Übersicht mit Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz in Rechenzentren liefert die Best Practices Aufstellung des „EU Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency“.

■ 6.1 Allgemein

Maßnahmenpaket	Im konkreten Fall anwendbar?	Priorität	Bemerkungen/ Einsparmöglichkeiten
Einführung einer Energiestrategie im Unternehmen			
Verantwortung für den Energieverbrauch und Beschaffung in einer Hand			
Einführung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses für Energiesparmaßnahmen			
Einführung eines kontinuierlichen Monitorings von: <ul style="list-style-type: none">■ Stromverbräuchen■ PUE■ Temperaturen und Temperaturverteilung■ IT-Auslastung			
Energy-Contracting			
Verhandlungen mit dem Stromversorger			

Weitere Empfehlungen im konkreten Einzelfall

■ 6.2 Strom

In allen Studien über die Energieverluste in einem Rechenzentrum kommt zum Ausdruck, dass ca. 15% - 25% des Gesamtstromverbrauchs in einem Rechenzentrum aufgrund einer ineffizienten Elektroinstallation verloren gehen. In einem ersten Schritt sollte die zur Überbrückung von Stromausfällen eingesetzte USV betrachtet werden.

Viele über die Zeit entstandene Insellösungen können in einer großen und effizienteren USV zusammengeführt werden. Ein weiterer Punkt sind die Kapazitäten der Übertragungswege. In vielen Fällen führt der Austausch zu gering ausgelegter Stromverteilungen durch Stromschienen oder Kabel mit größeren Querschnitten zu einer Verringerung der Verluste.

Maßnahmenpaket	Im konkreten Fall anwendbar?	Priorität	Bemerkungen/ Potenziale
Optimierung der USV <ul style="list-style-type: none"> ■ Modernisierung ■ Kühlung der USV ■ Stromführung ■ Batteriekühlung 			
Optimierung der Stromverteilung im Rechenzentrum (Stromschienen, steuerbare Steckdosenleisten, Leitungsquerschnitte, etc.)			
Vermeidung von hintereinandergeschalteten Mehrfach-USV			
Optimierung des Betriebsmodus der USV für Klimatisierung			
Separierung der Batterieaufstellung von der USV			

Weitere Empfehlungen im konkreten Einzelfall



■ 6.3 Klima

Erfahrungsgemäß bietet die Optimierung der Kühlung oft rasch umzusetzende Energieeinsparpotenziale, ohne dass Investitionen in größerem Umfang zu tätigen sind („Quick Wins“). In den Serverräumen der Rechenzentren entsteht die Ineffizienz in der Kühlung durch die Vermischung der Kaltluft, die von den Klimageräten bereitgestellt wird, mit der warmen Abluft der IT-Hardware. Auf diese Weise wird die IT-Hardware mit wärmerer Kühlluft versorgt, als sie von den Klimageräten erzeugt wird. Eine zweite Schwachstelle liegt in dem Sachverhalt, dass ein Teil der Kaltluft gar nicht bis zu der IT-Hardware gelangt, sondern die zu

den Klimageräten hinströmende warme Abluft herunter kühlt, bevor dies durch die Klimageräte erfolgen kann. So werden die Klimageräte nicht mit der optimalen Temperaturdifferenz zwischen Kühlluft und Abluft betrieben. Das primäre Augenmerk gilt daher der konsequenten Trennung von Kaltluft und warmer Abluft. Diese Trennung bildet dann die Basis, um möglicherweise die Temperatur der Kühlluft zu erhöhen. Auf diese Weise kann eine stärkere Nutzung der freien Kühlung erreicht werden. In einem weiteren Schritt sind die Kapazitäten der einzelnen Komponenten der Kühlkreisläufe zu betrachten. Die Auslegung dieser Komponenten für den Maximalbetrieb führen im Teillastbetrieb zu unnötigen Energieverlusten.

Maßnahmenpaket	Im konkreten Fall anwendbar?	Priorität	Bemerkungen/ Potenziale
Verbesserung der Dichtigkeit Doppelboden/Racks, Kabelzuführung			
Verringerung der Hindernisse im Luftweg ■ Doppelboden ■ Racks			
Verbesserung des Kühlungskonzeptes ■ Doppelboden ■ Kalt-/Warmgang ■ Einhausung			
Optimierung der Luftauslässe der Bodenplatten.			
Aktive Regelung der Klimatisierung			
Ersatz/Modernisierung Kühlgeräte (z.B. Präzisionsklimageräte statt Komfortklimageräte)			
Nutzung freie Kühlung			
Anpassung der Auslegung der Kapazitäten der Klimageräte/-anlagen			
Erhöhung der Temperatur im Rechenzentrum (schrittweise und kontrolliert).			

Weitere Empfehlungen im konkreten Einzelfall

■ 6.4 IT

Die meisten Server in einem Rechenzentrum werden in einem ineffizienten Modus betrieben. Untersuchungen haben ergeben, dass Server im Ruhebetrieb ca. 70% des maximalen Stromverbrauchs verbrauchen. Wenn dann noch berücksichtigt wird, dass Server, auf denen nur eine Applikation läuft, eine CPU-Auslastung von ca. 15% haben, wird allein nur durch das Konsolidieren mehrerer Applikationen auf einen Server dieser eine Server effizienter betrieben. Und gleichzeitig wird deutlich weniger Strom verbraucht, weil die anderen Server ausgeschaltet werden können. Die heute dafür eingesetzte Technologie der Virtualisierung ist so stabil, dass auf diese Weise einen Konsolidierungsgrad von bis zu 1:10 erreicht werden

kann. Das entspricht einer Ersparnis von fast 80% im Stromverbrauch für die Server. In ähnlicher Weise kann der Stromverbrauch für die Speicherung von Daten durch eine konsequente Konsolidierung der verteilten Daten in einem Datenpool erreicht werden.

Heutige Server verwenden deutlich energieeffizientere Bauteile. Im Vergleich zu Servern älterer Bauart lassen sich durch den einfachen Austausch der Server 25% - 30% Energie einsparen. Daher sollten die in Betrieb befindlichen Server darauf geprüft werden, in wie weit sich ein Austausch unter der betriebswirtschaftlichen Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus lohnt.

Maßnahmenpaket	Im konkreten Fall anwendbar?	Priorität	Bemerkungen/ Potenziale
Einsatz von Servervirtualisierung			
Durchführung einer Hardwarekonsolidierung			
Anpassung der Redundanzen an die tatsächlichen Anforderungen - unnötige Netzteile entfernen oder (falls möglich) in energiesparendem Standby betreiben - unnötige Serverplatten entfernen			
Nutzung von ILM / Auslagerung / Löschung nicht benötigter Daten			
Nutzung verfügbarer Energiesparoptionen der Software / Hardware			
Integration von Diensten vs. Nutzung separater Appliances			
Optimierung der Netzwerkkomponenten (Verteilung im Netz, Anzahl Anschlußports, Verkabelung, etc.)			

Weitere Empfehlungen im konkreten Einzelfall



7 Ergebnisbericht

Der Ergebnisbericht zur Energieeffizienzanalyse ist in schriftlicher Form vorzulegen und zusätzlich im Rahmen eines Gesprächs/einer Präsentation vorzustellen. Datenblätter, Messungen, etc. können als Anhänge beigefügt werden. Folgende Elemente sollte der Ergebnisbericht mindestens enthalten.

1. Einleitung mit Einordnung des Rechenzentrums (Größe, Komplexität, Aufgaben)
2. Messergebnisse und ausgefüllte Checklisten als Anlage (Kapitel 3 und Kapitel 4)
3. Auswertungen der Messungen und Checklisten (Kapitel 5)
4. Empfehlungen von Energiesparmaßnahmen mit Priorität und ROI-Betrachtungen (Kapitel 6)

8 Begriffe

19“-Schrank	Rack mit circa 40 HE, Gesamthöhe ca. 2 Meter, Einbaubreite 483 mm, Einbauhöhe wird in Höheneinheiten (HE) gemessen: 1 HE = 44,45 mm
AV	Allgemeine Stromversorgung
Chiller	Wasserkühlsatz
CPU	Central Processing Unit (Hauptprozessor)
CW	Chilled Water; Klimaanlage mit Kaltwasser
Datencenter	Serverraum und/oder Rechenzentrum
DX	Direct Expansion; Klimaanlage mit Kältemittel
EC	Electronically Commutated
Elektroverteilung	auch NSHV (Niederspannungshauptverteilung) oder PDU (Power Distribution Unit)
Emission	von einem Gerät ausgehende, auf die Umwelt einwirkende Einflüsse
EMV	elektromagnetische Verträglichkeit
EVU	Energieversorgungsunternehmen – siehe auch VNB
Hot Spots	Lokale Überhitzungen/Wärmenester
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
ILM	Information Lifecycle Management
IT	Information Technology (früher EDV = elektronische Datenverarbeitung)
ITK	Informations- und Telekommunikationstechnik
KVM-Switch	Keyboard-Video-Mouse-Switch
Modular	Aufbau eines Systems aus mehreren Modulen (Baugruppen)
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik



NEA	Netzersatzanlage (meist als Notstromdiesel)
Parallelbetrieb	zwei oder mehr Einrichtungen, die gemeinsam die Versorgung von angeschlossenen Verbrauchern durchführen
Präzisionsklimaanlage	Klimaanlage, die sowohl die Temperatur als auch die Luftfeuchtigkeit konstant halten kann
PSU	Power Supply Unit (Netzteil)
Redundant	mehrfach ausgelegt zur Erhöhung der Verfügbarkeit (Fehlertoleranz)
Skalierbar	schrittweise an den Bedarf anpassbar
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VNB	Versorgungsnetzbetreiber (siehe auch EVU)

9 Literatur/Links (Auswahl)

- ASHRAE: Thermal Guidelines for Data Processing Environments; 2004
- BITKOM: Leitfaden Energieeffizienz im Rechenzentrum; 2008
- Brill, Kenneth G.: Data Center Energy Efficiency and Productivity, White Paper, (The Uptime Institute); 2007
- Bundesamt für Energiewirtschaft: Risikofreier Betrieb von klimatisierten EDV-Räumen bei 26° C Raumtemperatur, 1995.
- Code of Conduct on Energy Efficiency and Quality of AC Uninterruptible Power Systems (http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_UPS.htm) ; 2008
- Code of Conduct on Energy Efficiency of Data Centres, 30 October 2008
http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data%20centers.htm
- EN62040-3 Ed. 1.0 b: Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme Teil 3: Methoden zur Festlegung von Prüfungs- und Leistungsanforderungen; 1999
- Fichter, Klaus: Zukunftsmarkt energieeffiziente Rechenzentren. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), (Borderstep Institut); 2007
- The Green Grid Metrics: Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE) Detailed Analysis, WHITE PAPER #14 2008
http://www.thegreengrid.org/home/White_Paper_14_-_DCiE_Detailed_Analysis_072208.pdf
- THE GREEN GRID METRICS: Describing Datacenter Power Efficiency. Technical Committee White Paper; February 20, 2007
- High performance buildings: Data centers uninterruptible power supplies (EPRI-Solutions, Ecos Consulting); 2005
- Swiss Federal Office of Energy: Program „Electricity“ Code of Conduct / Label for Uninterruptible Power Supplies (UPS) (http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/Workshop_May.2005/power%20supply/Brueniger%20PS.pdf); 2005
- Totally Integrated Power: Applikationshandbuch – Grundlagenermittlung und Vorplanung (Siemens AG); 2006
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency, Energy Star Program): Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency, Public Law 109-431; 2007
- Wenzl, Heinz/ Sachs, Klaus: Planung und Auswahl von USV-Anlagen; 1999
- White paper: The classifications define site infrastructure performance (The Uptime Institute); 2001-2006

Danksagung

Der vorliegende Leitfaden „Energieeffizienz-Analysen in Rechenzentren“ entstand in Abstimmung mit den BITKOM-Arbeitskreisen in den Kompetenzbereichen IT-Infrastruktur & Digital Office und Hinzuziehung zahlreicher Experten aus Anwenderunternehmen, Politik, Beratungsunternehmen und Prüfwesen. Wir danken allen Beteiligten für Ihre Unterstützung.

Insbesondere möchten wir den Experten der drei Projektgruppen „Strom“, „Klima“ und „IT“ danken, die maßgeblich an der Entwicklung der Inhalte des Leitfadens beteiligt waren:

- Frank Donat, Hewlett-Packard
- Gerd Elzenheimer, Unisys
- Hans Foster, EMC
- Albrecht Frei, Hewlett Packard
- Thomas Gierich, Visionapp
- Dr. Wolfgang Gnettnner, Fujitsu Siemens Computers
- Matthias Greim, Datev
- Jan Gütter, AMD
- Edgar Harms, DetelImmobilien
- Hans-Jürgen Heming, Bull
- Michael Heyer, Acentrix
- Dr. Siegbert Hopf, Masterguard – Chairman der Arbeitsgruppe Strom
- Stephan Lang, Weiss Klimatechnik
- Wilhelm Lorz, Siemens
- Curt Meinig, tekit
- Knut Müller, Confors
- Achim Pfeleiderer, Stulz
- Staffan Reveman, Newave
- Reinold Scheiner, Bull

- Dr. Dieter Schramm, Dell
- Dr. Dietrich Schaupp, IBM
- Jörg Urbaniak, bit
- Wolfram Vossel, Vossel Solutions
- Norbert Watermann, Sun
- Ingo Wiedermann, Sun
- Manfred Weiss, Siemens
- Bernd Willer, AMD
- Michael Wöhrle, Unisys –
Chairman der Arbeitsgruppe IT
- Carsten Zahn, Schnabel –
Chairman der Arbeitsgruppe Klima

Ganz besonders bedanken möchten wir uns bei Carsten Dohrwardt (IT-EE), Harry Schnabel (Schnabel) und Ingolf Wittmann (IBM), die das Projekt mit initiiert haben und das grundlegende Konzept für die Energieeffizienz-Analyse von Rechenzentren entwickelt haben.



Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. vertritt mehr als 1.200 Unternehmen, davon 900 Direktmitglieder mit etwa 135 Milliarden Euro Umsatz und 700.000 Beschäftigten. Hierzu zählen Anbieter von Software, IT-Services und Telekommunikationsdiensten, Hersteller von Hardware und Consumer Electronics sowie Unternehmen der digitalen Medien. Der BITKOM setzt sich insbesondere für bessere ordnungspolitische Rahmenbedingungen, eine Modernisierung des Bildungssystems und eine innovationsorientierte Wirtschaftspolitik ein.



Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.

Albrechtstraße 10 A
10117 Berlin-Mitte
Tel.: 030.27576-0
Fax: 030.27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org