

Bestandsaufnahme effiziente Rechenzentren in Deutschland

eco – Verband der deutschen Internetwirtschaft e.V.

Patrick Pulvermüller
Leiter Arbeitskreis Data Center
ak-datacenter@eco.de

Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Definitionen.....	5
3	Methodik	7
4	Ergebnisse.....	9
4.1	Deskriptive Ergebnisse	9
4.2	Power Usage Efficiency (PUE)	11
4.3	Abhängigkeit des PUE von der Tier-Klassifikation	13
4.4	Abhängigkeit des PUE von der eingesetzten Klimatechnik/Klimasystem.....	14
4.5	PUE und sonstige gebäudetechnische Gegebenheiten	15
5	Diskussion	17
5.1	Stichpunktartige Messung vs. Messung über Zeit	17
5.2	Einfluss von Wärmerückgewinnung auf den PUE	18
5.3	Vernachlässigung der Betrachtung der Gesamteffizienz.....	19
6	Zusammenfassung	20
7	Literatur.....	21

Abbildungen

Abbildung 1: Art und Zweck aller erhobenen Rechenzentren	10
Abbildung 2: PUE der erfassten Rechenzentren	11
Abbildung 3: PUE Verlauf innerhalb einer Woche	17

Tabellen

Tabelle 1: Temperatur im Rechenzentrum	10
Tabelle 2: Luftfeuchtigkeit im Rechenzentrum.....	11
Tabelle 3: PUE der einzelnen Rechenzentren.....	12
Tabelle 4: Tier-Klassifikation in Bezug zum PUE	13
Tabelle 5: Beziehung zwischen PUE und Sonstigem.....	15
Tabelle 6: Zusammenhang zwischen Einsatz von Blenden und kalten/warmen Gängen	16

1 Einleitung

Der Arbeitskreis Data Center des eco – Verband der deutschen Internetwirtschaft e.V. erhob in der Zeit von März bis August 2008 die Effizienz der Rechenzentren in Deutschland. eco (www.eco.de) ist seit über zehn Jahren der Verband der Internetwirtschaft in Deutschland. Die mehr als 400 Mitgliedsunternehmen beschäftigen über 300.000 Mitarbeiter und erwirtschaften einen Umsatz von ca. 75 Mrd. Euro jährlich. Im eco-Verband sind die rund 230 Backbones des deutschen Internet vertreten. Verbandsziel ist es, die kommerzielle Nutzung des Internet voranzutreiben, um die Position Deutschlands in der Internet-Ökonomie und damit den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken. Der eco-Verband versteht sich als Interessenvertretung der deutschen Internetwirtschaft gegenüber der Politik, in Gesetzgebungsverfahren und in internationalen Gremien.

Im Rahmen des Arbeitskreises Data Center wurde eine Online-Erhebung durchgeführt die Daten von insgesamt 49 Rechenzentren mit einer Gesamt-Bruttoflächen von ca. 50.000 m² und einer verfügbaren Leistung von ca. 30.000 KW erhob. Ziel war es, einerseits den Status Quo in der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland zu erfassen und andererseits IT-Verantwortlichen in allen Bereichen der Wirtschaft die Möglichkeit eines Benchmarks zu geben und schlussendlich aufzuzeigen, welche Maßnahmen zur Effizienzsteigerung geeignet sind und welche möglicherweise nicht zu den gewünschten Ergebnissen führen. Dabei wurde die aktuelle Effizienz von Rechenzentren in Deutschland in Form des PUE-Faktors erhoben. Des Weiteren wurde verschiedene Faktoren untersucht, welche möglicherweise einen Einfluss auf die Effizienz haben könnten, wie z.B. die Art der Klimatechnik, die Tier-Klassifizierung des Rechenzentrums oder der Einsatz von Einhausung.

2 Definitionen

Bevor eine Auswertung der Online-Erhebung geschehen kann, ist es zunächst notwendig, einige zentrale Termini näher zu definieren.

Definition Rechenzentrum

Ein Rechenzentrum ist mindestens ein eigenständiger, baulich getrennter Raum mit einfacher Klimatisierung, einfacher Stromversorgung, einer USV – d.h. einer Unterbrechungsfreien Stromversorgung (Qualitätsstrom geglättet, Überspannungsschutz, etc.) ausgelegt mit fünf Minuten Überbrückungszeit zum Herunterfahren der Betriebssysteme, Einrichtungen zur Branderkennung (Rauchmelder) und zur Brandbekämpfung (Feuerlöscher), minimalem physikalischem Zugangsschutz und stabiler Netzanbindung (ein Provider, eine unabhängige Netzzuführung).

Tier-Klassifikation

Die Tier-Klassifikation nach Uptime Institute unterteilt die Rechenzentren in vier Klassen (The Uptime Institute, 2008). Ein einfaches Rechenzentrum der Stufe I besitzt nicht-redundante Gebäudekomponenten und einfache nicht-redundante Verteilernetze, die die Server des Standorts versorgen.

Ein Rechenzentrum der Stufe II besitzt redundante Gebäudekomponenten und einfache nicht-redundante Verteilernetze, welche die Server des Standorts versorgen.

Ein Rechenzentrum der Stufe III besitzt redundante Gebäudekomponenten und multiple Verteilernetze, welche die Server des Standorts versorgen. Grundsätzlich versorgt zu jedem Zeitpunkt jeweils nur ein Verteilernetz den Server.

Ein Rechenzentrum der Stufe IV ist schlussendlich ein fehlertolerantes Rechenzentrum, welches redundante Gebäudekomponenten und multiple Verteilernetze, die simultan die Server des Standortes versorgen, besitzt. Alle Server werden auf zwei Wegen mit Strom versorgt und so installiert, dass sie mit der Beschaffenheit der Standortarchitektur kompatibel sind.

Definition IT

Jegliche Komponenten, welche an der USV angeschlossen sind, so zum Beispiel Server, Storage, Netzwerkequipment, Telekommunikationsequipment, aber auch Notbeleuchtung, USV gesicherte Steueranlagen etc. werden in dieser Studie unter dem Begriff „IT“ zusammengefasst.

3 Methodik

Um Zugriff auf die Daten möglichst vieler Rechenzentren zu erlangen, wurde ein anonymisierter Online-Fragebogen (eco e.V., 2008) erstellt. Der Fragebogen wurde durch eine Arbeitsgruppe des Arbeitskreises Data Center vom eco e.V. im Rahmen mehrerer Sitzungen erstellt. Insgesamt waren vier große Rechenzentrumsbetreiber sowie ein Mitarbeiter des eco Verbands und ein unabhängiger Consultant an der Erstellung beteiligt. Der Fragebogen ist unterteilt in sechs Kategorien:

- Allgemeine Fragen
- Messungen und Werte
- Räumliche Maße
- Standort des Rechenzentrums
- Stromversorgung
- Klima, Klimatechnik & Luftzirkulation

Es war möglich, einzelne Fragen zu überspringen, falls eine Beantwortung einer speziellen Frage entweder nicht möglich oder nicht gewünscht war. Mit Ausnahme der Frage nach der Art des Rechenzentrums war auf jede Frage nur jeweils eine Antwort zulässig. Die Ergebnisse wurden anschließend quantitativ und qualitativ ausgewertet.

Besonderer Fokus lag auf der Berechnung der Power Usage Efficiency (PUE). Dieser entwickelte sich im Laufe der vergangenen zwei Jahre als Quasi-Standard zur Messung der Energieeffizienz von Rechenzentren (The Green Grid, 2007). Der Power Usage Efficiency Faktor errechnet sich hierbei durch die Division des gesamten Energiebedarfs eines Rechenzentrum durch die Energie, welche für die IT zur Verfügung gestellt wird. Ein PUE von 1.0 würde also bedeuten, dass die gesamte Energie, welche für das Rechenzentrum benötigt wird, exklusiv der IT zur Verfügung steht. Bei dem Wert von 1.0 handelt es sich allerdings lediglich um einen theoretischen Wert, denn auch im bestmöglichen Fall wird Energie für Komponenten benötigt, welche nicht der IT zugerechnet werden können, z.B. durch Verlustleistungen der USV oder Beleuchtung.

Die Environmental Protection Agency (EPA) geht davon aus, dass auf Basis des aktuellen Trends ein durchschnittlicher PUE von 1.9 für 2011 zu erwarten ist (EPA, 2007). Als Best-

Practice erwartet die EPA einen PUE von 1.3 und als State-of-the-Art gibt die EPA für 2011 einen PUE von 1.2 vor. Als Industrie-Benchmark gelten aktuell die Rechenzentren der Google Inc., welche im Jahresmittel über ihre sechs großen Rechenzentren bereits heute einen PUE-Faktor von 1.21 erzielen (Google Inc., 2008).

Im Fragebogen wurden zwei Möglichkeiten zur Erfassung des Leistungsbedarfs von Rechenzentren angeboten: einerseits durch die Angabe der kWh über ein Jahr und andererseits durch Angabe des aktuellen Verbrauchs in KW.

Zur Erfassung des PUEs wurden die Werte, welche unter der Frage: „Welche durchschnittliche elektrische Arbeit nehmen Sie beim lokalen Energieversorger ab?“ angegeben wurden, bei der Auswertung durch die Werte, die unter „Welche durchschnittliche elektrische Arbeit stellen Sie der IT bereit?“ eingetragen wurden, dividiert. Durch die Division werden die Angaben „kWh pro Jahr“ und „alternativ kW“ direkt vergleichbar. Der Energiebedarf für Effizienzsteigerungen wurde bei der Auswertung von der durchschnittlichen elektrischen Arbeit beim lokalen Energieversorger abgezogen.

Daraus ergibt sich nachfolgende Formel:

$$PUE \text{ nach } eco = \frac{\text{Gesamter Energiebedarf} - \text{Energiebedarf zur Steigerung der Effizienz}}{\text{Energiebedarf für IT}}$$

In Worten bedeutet dies: Der PUE errechnet sich aus der durchschnittlichen, jährlichen elektrischen Arbeit gemessen am Übergabepunkt des lokalen EVUs (Energieversorgungsunternehmens) abzüglich der elektrischen Arbeit, welche für die Steigerung der Effizienz verwendet wird (z.B. durch Wärmerückgewinnung), dividiert durch die benötigte elektrische Arbeit für die IT.

Dies gilt, so lange die aufgebrachte elektrische Leistung zur Effizienzsteigerung nicht die Einsparungen übersteigt.

4 Ergebnisse

Die Auswertung der 49 Fragebögen zeigte erfreulicherweise einen im internationalen Vergleich bereits sehr guten PUE-Wert für Rechenzentren in Deutschland. Es wurden aber auch klare Schwachpunkte – vor allem hinsichtlich der Datenerfassung bei den einzelnen Rechenzentrumsbetreibern – aufgezeigt.

4.1 Deskriptive Ergebnisse

Insgesamt wurden, wie eingangs bereits erwähnt, Rechenzentrumsflächen mit einer Gesamtfläche von 49.727 m² erfasst. Das kleinste erfasste Rechenzentrum hat eine Bruttofläche von 95 m², das größte eine Bruttofläche von 10.000 m². Die durchschnittliche Raumhöhe ab Doppelboden beträgt 2,81 m, wobei die durchschnittliche Doppelbodenhöhe bei 51 cm liegt.

Der gesamte Energieverbrauch der erfassten Rechenzentren (RZ) beläuft sich auf ca. 240 GWh pro Jahr, was 2,4% des Energiebedarfs aller Rechenzentren in Deutschland entspricht.

25% der erfassten Rechenzentren entsprechen der Tier-Klassifikation I, 27% der Klassifikation II, 29% der Klassifikation III und 19% der Klassifikation IV.

Aktuell haben nur 33% aller Rechenzentrumsbetreiber Personal, welches sich mit dem Thema Energieeffizienz beschäftigt und immerhin noch 37,5% der Rechenzentrumsbetreiber kommen ohne einen Ansprechpartner aus, welcher die Stromkosten für die IT im Rechenzentrum verantwortet.

Immer noch 31,25% aller Rechenzentrumsbetreiber arbeiten ohne ein eigenes Rechenzentrumsbudget.

Von den erfassten Rechenzentren werden 50% für mehrere Zwecke verwendet und 50% werden einem exklusiven Businesszweck zugeordnet. Bei den exklusiven Rechenzentren werden 27% exklusiv für Interne IT (ERP, Warenwirtschaft etc.), 8% exklusiv für Hosting (Dedicated Server, Application Hosting, Webhosting) und 2% exklusiv für HPC (High Performance Computing) eingesetzt.

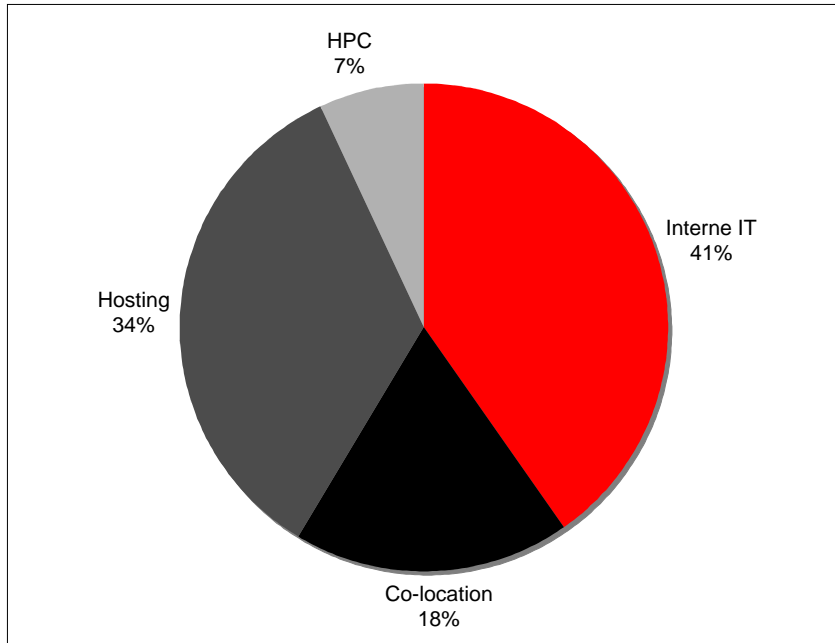


Abbildung 1: Art und Zweck aller erhobenen Rechenzentren

Schlussendlich verwenden 55% aller befragten Rechenzentrumsbetreiber Blenden zur Trennung der Luftströme und ebenso viele bauen die Reihen nach dem Kalt-/Warmgang-Prinzip auf. Nur ein Rechenzentrumsbetreiber setzt eine konsequente Kaltgangeinhausung ein, zwei Betreiber trennen die Luftströme durch eine Warmgangeinhausung.

Die durchschnittliche Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Rechenzentren gestalten sich wie folgt:

Beschreibung	Temperatur in °C
Temperatur im RZ-Raum	22°C
Mindestansaugtemperatur	17°C
Maximale erlaubte Ansaugtemperatur	24°C

Tabelle 1: Temperatur im Rechenzentrum

Beschreibung	Rel. Luftfeuchtigkeit in %
Durchschnittliche Luftfeuchtigkeit	37%
Mindestluftfeuchtigkeit	26%
Maximal erlaubte Luftfeuchtigkeit	49%

Tabelle 2: Luftfeuchtigkeit im Rechenzentrum

4.2 Power Usage Efficiency (PUE)

Bei 13 der 49 Rechenzentren war es aufgrund valider Angaben möglich, den PUE zu berechnen. Zwei der 49 Rechenzentren (4%) hatten bereits Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz in Form von Nutzung der Abwärme implementiert. Im Mittel liegt der PUE der Rechenzentren bei 1,62, was im internationalen Vergleich ein sehr guter Wert zu sein scheint – vor allem im Vergleich mit den USA (EPA, 2007). Das effizienteste Rechenzentrum wies einen PUE von 1,17 auf und das ineffizienteste einen von 2,21. Die zwei Rechenzentren, welche bereits Wärmerückgewinnung einsetzen, wiesen einen PUE von 1,42 und 1,62 aus. Nachfolgend die Werte im Detail:

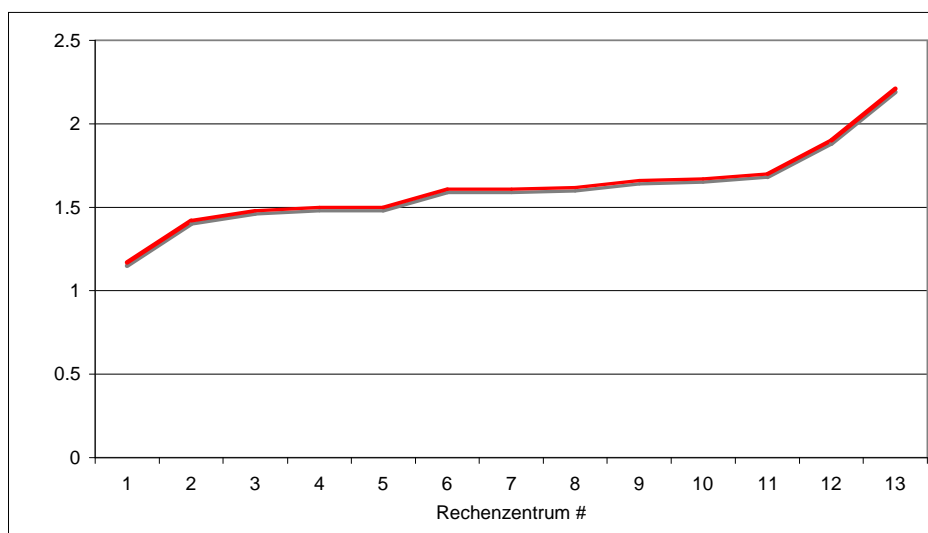


Abbildung 2: PUE der erfassten Rechenzentren in aufsteigender Reihenfolge

Nachfolgend die PUE-Werte in tabellarischer Form:

PUE	1,17	1,42	1,48	1,50	1,50	1,61	1,61	1,62	1,66	1,67	1,70	1,90	2,21
RZ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Tabelle 3: PUE der einzelnen Rechenzentren in aufsteigender Reihenfolge

Es ist auffällig, dass der PUE bei Rechenzentren, welche die Berechnung auf Basis der kWh durchführten – d.h. den PUE über das gesamte Jahr messen, um 0,15 besser (Mittelwert von 1,55 im Vergleich zu einem Mittelwert von 1,70) ausfällt als bei Rechenzentren, welche den aktuellen Verbrauch in kW angegeben haben. Dieser Unterschied scheint sich durch die Temperaturunterschiede zum Zeitpunkt der Messung zu ergeben. So beträgt in Deutschland die jährliche Durchschnittstemperatur 7,6°C, was 3,2°C unter dem Durchschnitt der Monate April, Mai und Juni liegt (DIN, 2003).

Der niedrigste und damit für die höchste Effizienz stehende PUE stammt von einem Rechenzentrum der Tier-Klassifikation von eins. Kann man deswegen allgemein festhalten, dass eine höhere Tier-Klassifikation zwangsläufig einen schlechteren PUE zur Folge hat?

4.3 Abhängigkeit des PUE von der Tier-Klassifikation

In vielen Diskussionen wird oft als Begründung für eine schlechte Effizienz auf den gewählten Tier-Faktor hingewiesen, mit dem Argument, je höher die Tier-Klassifikation ist, desto schlechter sei die Effizienz. Dies konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Tier-Klassifikation und dem PUE ($r = .18$; $p = .563$).

Die Daten im Einzelnen waren wie folgt:

Tier-Klassifikation	I	II	III	IV
Mittelwert (M)	1,17	1,79	1,72	1,59
Standardabweichung (SD)	0,16	0,27	0,07	0,24
Stichprobe (N)	1	2	6	4

Tabelle 4: Tier-Klassifikation in Bezug zum PUE

Die statistische Analyse ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Tier-Klassifikationen, was allerdings auch in der geringen Stichprobe begründet liegen kann. Die einzelnen Ergebnisse wurden daher qualitativ analysiert.

Der Anstieg des PUEs von Tier I auf Tier II ist trotz der kleinen Stichprobe leicht erklärbar, denn bei Tier I (siehe Tier-Klassifikation) wird keine Komponente redundant ausgeführt. In der Folge muss ein Tier II ineffizienter sein. Bei Tier III wiederum sind nur die Pfade im Rechenzentrum redundant ausgelegt. Eine zweite Netzersatzanlage oder zwei Stromunterverteilungen im Rechenzentrum sollten kaum eine Auswirkung auf die Effizienz haben, daher ist es auch nicht verwunderlich, dass der durchschnittliche PUE von Tier II und Tier III nicht signifikant unterschiedlich sind. Der bessere PUE bei einem Tier IV-Rechenzentrum ist allerdings verwunderlich, denn nach allgemeiner Definition müssen alle Komponenten doppelt vorgehalten werden. Folglich kann ein solches Rechenzentrum nicht effizienter sein als ein Rechenzentrum der Klasse III.

Mathematisch lässt sich dies wie folgt begründen: Geht man von einer Anzahl an Komponenten (N) größer eins aus (z.B. 2), mit einer beliebigen Effizienz kleiner eins (z.B. 0,9), so ergibt sich hieraus für ein Tier III-Rechenzentrum (N+1 Redundanz): $0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,729$; für Tier IV muss die Redundanz aber ebenfalls N sein, d.h.: $0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,656$. $0,656 < 0,729$, daraus folgt Tier IV ist immer ineffizienter als Tier III, sobald $N > 1$.

Weshalb spiegelt die Studie dieses Ergebnis nicht wider?

Eine fehlerhafte Klassifizierung der Rechenzentren kann nicht die Ursache dafür sein, da mit Ausnahme eines Teilnehmers alle bei der Frage hinsichtlich der Redundanz der Netzersatzanlage und USV zu Tier IV passende Antworten gaben. Selbst wenn man das fehlerhaft klassifizierte Rechenzentrum für die Berechnung umklassifizieren würde, wäre die Effizienz der Tier IV-Rechenzentren immer noch leicht besser/fast gleich der Effizienz der Tier III-Rechenzentren (1,63 für Tier III im Vergleich zu 1,62 für Tier IV), aber auf keinen Fall schlechter. Als einzige, sinnvolle Begründung für das Ergebnis lässt sich sagen, dass andere Faktoren anscheinend eine weit höhere Auswirkung auf die Effizienz haben als die Tier-Klassifikation und es folglich in der Praxis keinen signifikanten Unterschied gibt, auch wenn er rein rechnerisch vorhanden sein müsste. An dieser Stelle sei auf die durchschnittliche Temperatur im Rechenzentrum verwiesen, denn je höher die Tier-Klassifikation, desto höher ist auch die Temperatur im Rechenzentrum ($r = .515$; $p = .041$).

4.4 Abhängigkeit des PUE von der eingesetzten Klimatechnik/Klimasystem

Im Gegensatz zur Tier-Klassifikation lässt sich eindeutig zeigen, dass die eingesetzte Klimatechnik eine direkte Auswirkung auf die Effizienz des Rechenzentrums hat und beides signifikant miteinander korreliert ($r = .65$; $p = .031$):

- Durchschnittlicher PUE für Direktverdampfer= 1,63
- Durchschnittlicher PUE für zentrale Kaltwassererzeugung= 1,94
- Durchschnittlicher PUE für indirektes Freikühlsystem= 1,50
- Durchschnittlicher PUE für kombinierte Umluft- und Kaltwassersysteme= 1,57

Anhand der Durchschnittswerte lässt sich sehr gut erkennen, welche Klimatechnik am effizientesten ist, nämlich die indirekte Freie Kühlung. Dies ist einfach erklärbar, wenn man

die Funktionsweise der einzelnen Klimasysteme in Verbindung zu der jährlichen Durchschnittstemperatur in Deutschland von 7,6°C setzt (DIN, 2003).

4.5 PUE und sonstige gebäudetechnische Gegebenheiten

Im Rahmen der Studie wurden noch weitere Daten der Rechenzentren abgefragt, z.B. Doppelboden-Höhe, Stockwerk, Einsatz von Kaltgang- oder Warmgang-Einhausung etc. Im Folgenden soll tabellarisch festgehalten werden, welche weiteren Faktoren einen Einfluss auf den PUE haben:

Fragestellung	Korrelation mit der PUE (r)	2-seitige Signifikanz (p)	Ist ein Zusammenhang erkennbar?
Bruttofläche des Rechenzentrums	-.37	.326	Nein
Höhe des Doppelbodens	.39	.237	Nein
Sonneinstrahlung auf das Gebäude in %	-.33	.315	Nein
Stockwerk des Rechenzentrums	.02	.956	Nein
Durchschnittliche Temperatur im Rechenzentrum	.43	.186	Gering
Durchschnittliche Luftfeuchtigkeit	-.13	.698	Nein
Volumen der Datenverkabelung unter dem Doppelboden	.35	.294	Nein
Standort des Rechenzentrums in Deutschland	.37	.268	Nein

Tabelle 5: Beziehung zwischen PUE und Sonstigem

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich eine Effizienzsteigerung nicht durch das ausschließliche Konzentrieren auf ein einziges Kriterium erreichen lässt. Folglich ist es wichtig, viele Kleinigkeiten zu beachten um in der Summe eine gute Effizienz im Rechenzentrumsbetrieb zu erzielen.

Dies ist bei vielen Rechenzentrumsbetreibern bereits gängige Praxis, wie das Datenmaterial zeigt. Zwischen dem Einsatz von Blenden zum Verschluss der Lücken zwischen den Servern und dem Aufbau der Server in kalten und warmen Gängen gibt es einen direkten Zusammenhang. Beide Maßnahmen werden als effizienzsteigernd angesehen, daher verwundert es nicht, wenn diese Maßnahmen entweder in Kombination oder gar nicht eingesetzt werden.

Kalte /warme Gänge				
Einsatz von Blenden		Ja	Nein	Gesamt
	Ja	10	1	11
	Nein	1	8	9
	Gesamt	11	9	20

Tabelle 6: Zusammenhang zwischen Einsatz von Blenden und kalten/warmen Gängen

5 Diskussion

Der PUE war zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie der einzige wirklich internationale Benchmark. Wie auch in der Studie aufgezeigt, gibt es allerdings einige Probleme mit diesem Effizienzindikator, welche einerseits durch die Art der Berechnung des PUEs entstehen, andererseits aber auch bedingt sind durch die existierende Struktur in Rechenzentren:

- Stichpunktartige Messung vs. Messung über Zeit
- Betrachtung der Rückgewinnung der Energie bei Berechnung der PUE
- Vernachlässigung der Betrachtung der Gesamteffizienz

5.1 Stichpunktartige Messung vs. Messung über Zeit

Der PUE definiert nicht eindeutig, über welchen Zeitraum eine Messung durchgeführt werden soll. In der Konsequenz lässt sich durch einen entsprechend gewählten Zeitpunkt der Wert in die eine oder andere Richtung beeinflussen.

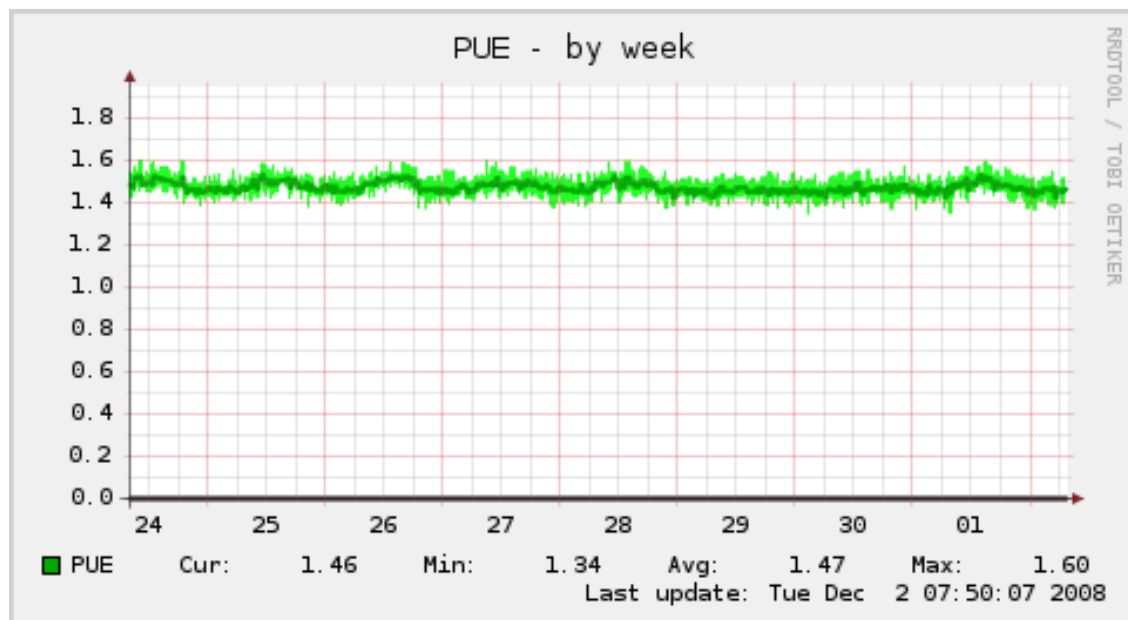


Abbildung 3: PUE Verlauf innerhalb einer Woche

Wie aus der Abbildung eindeutig ersichtlich, variiert der PUE-Faktor des dargestellten Rechenzentrums innerhalb nur einer Woche (vom 24.11.08 bis zum 2.12.2008) um bis zu .26 (MIN 1.34; MAX 1.60). Folglich sollte man PUE-Angaben, welche nicht genau spezifizieren, ob sie eine einmalige Erhebung oder auf Basis der vergangenen 12 Monate berechnet wurden, sehr kritisch sehen. Diese Feststellung stellt allerdings nicht die Aussagekraft dieser Studie in Frage, da gezeigt werden konnte, dass Rechenzentren mit einer jährlichen Messung effizienter sind als Rechenzentren mit einer punktuellen Messung. Zudem wurden die Messungen in im Jahresvergleich überdurchschnittlich warmen Monaten durchgeführt, weshalb sie ein eher zu schlechtes Bild der Rechenzentrumslandschaft in Deutschland präsentieren, als ein zu Gutes.

Auffallend war, dass nur 13 der 49 Rechenzentren überhaupt die Möglichkeit hatten, korrekte Werte anzugeben. Rechenzentren, welche den Stromverbrauch angeben konnten, war es auch möglich, das übrige Datenmaterial für den Fragebogen zur Verfügung zu stellen. Hier scheint es bei den Verantwortlichen für die Rechenzentren ein sehr großes Defizit zu geben, da offenbar nur ein geringer Prozentsatz tatsächlich gezielte, regelmäßige Messungen durchführt. Dies wurde auch bestätigt durch die Tatsache, dass weniger als die Hälfte der Rechenzentrumsbetreiber verantwortliche Mitarbeiter für die Energiekosten und Effizienz der Rechenzentren benennen können. Eine Visualisierung des Ist-Zustandes sollte für alle Betreiber ein erster, wichtiger Aufgabenpunkt sein. Heutzutage gibt es einfache Möglichkeiten und Open-Source Lösungen, welche auch in das kleinste Budget passen sollten. Zudem würde es zu Beginn ausreichen, lediglich den Gesamtenergiebedarf zu ermitteln. Das könnte beispielsweise durch eine monatliche Erfassung der Stromrechnung geschehen. Ergänzend sollte im Gespräch mit den USV-Herstellern die Möglichkeit der Erfassung des Energiebedarfs der USVen abgeklärt werden.

5.2 Einfluss von Wärmerückgewinnung auf den PUE

Gerade bei großen Rechenzentren ist eine wichtige Herausforderung die Wärmerückgewinnung zur weiteren Steigerung der Effizienz. Hierbei ergibt sich oft das Problem der Berechnung des PUEs nach Einbau einer Wärmerückgewinnung. Beispielhaft sollen die Werte eines erfassten Rechenzentrums dies verdeutlichen.

Das Rechenzentrum hat einen Gesamtenergiebedarf von 960 KW, hiervon stehen 540 KW für die IT zur Verfügung. Der PUE ist folglich: $960/540=1,78$.

Nun werden aber von den 960KW insgesamt 86 KW zur Wärmerückgewinnung (Heizung eines großen Bürogebäudes) aufgewandt, der PUE wäre deshalb eigentlich: $(960-86)/540=1,62$.

Andererseits „spart“ der Betreiber aber nur 40 KW an Energie ein, d.h. würde er die Wärme nicht zurückgewinnen, dann wäre der Gesamtenergiebedarf für das Rechenzentrum zuzüglich Bürogebäude bei ca. 1000 KW. Hieraus ergibt sich der dritte, mögliche PUE: $(960-40)/540:1,70$.

Welcher PUE ist nun korrekt berechnet? Viel spricht für die zweite Variante, den PUE von 1,62. Die 86 KW, welche verbraucht werden, sind unabhängig vom Rechenzentrum und dienen einem komplett anderen Zweck, in diesem Beispiel der Heizung von Büroräumen.

5.3 Vernachlässigung der Betrachtung der Gesamteffizienz

Im Rahmen der Studie ist aufgefallen, dass durch die alleinige Betrachtung des Rechenzentrums und des Quotienten des PUE zwei wichtige Faktoren komplett außer Acht gelassen werden.

Einer davon ist die Effizienz der IT. Sind alle im Rechenzentrum betriebenen Server notwendig oder lässt sich durch Konsolidierung und Einsatz von Virtualisierung möglicherweise doppelt Energie sparen? Ein ausgeschalteter Server spart nämlich nicht nur die Energie, die er selbst benötigt, sondern z.B. auch Energie für die Kühlung.

Andererseits muss bei der Effizienzbetrachtung immer der Gesamtenergiebedarf betrachtet werden.

Ein Beispiel soll dies kurz erläutern. Betreibt man ein Rechenzentrum mit einer Gesamtleistung von 150 KW, wovon 100 KW auf die IT entfällt, beträgt der PUE 1,5. Nun erhöht man die Ansaugtemperatur von aktuell 22°C bis zum maximal erlaubten Limit (bei den drei größten Serverherstellern entspricht dies einer Ansaugtemperatur für die Server von 32°C). Hierdurch ergibt sich ein Energiebedarf für die IT von 120 KW (Dell Inc., 2008). Bei einem PUE von 1,5 ergibt sich hieraus eine neue Gesamtleistung von 180 KW. Folglich hat man durch den Versuch zu sparen genau das Gegenteil erreicht!

6 Zusammenfassung

Die deutschen Rechenzentren sind im internationalen Vergleich bereits sehr gut positioniert. Um dem internationalen Standard aber auch in Zukunft begegnen zu können, ist es notwendig, beim Bau neuer Rechenzentren konsequent auf Energieeffizienz zu achten und stetig das Zusammenspiel zwischen verschiedenen Komponenten zu untersuchen, die einen positiven oder negativen Einfluss auf die Energieeffizienz haben könnten. Nur so lässt sich der momentan vorhandene technologische Vorsprung, der in einigen Bereichen besteht, auch auf längere Sicht beibehalten.

Wichtig ist in jedem Falle aber auch ein Austausch der einzelnen Rechenzentrumsbetreiber untereinander und eine einheitliche Datenerhebung, damit Ergebnisse, die zu gesteigerter Energieeffizienz führen sollen, möglichst objektiv miteinander verglichen werden können. Nur auf diese Weise ist es möglich, Fehlinvestitionen für vermeintliche Energiesparmethoden zu vermeiden und den tatsächlichen Energieverbrauch zu senken.

Sinnvoll wäre in diesem Zusammenhang die Einführung von entsprechenden Messpunkten in den Rechenzentren. Hierbei sind vor allem die Hersteller gefordert, um entsprechend einfache, kostengünstige und sinnvolle Lösungen bereitzustellen.

Trotz aller Kritikpunkte lässt sich zusammenfassend sagen, dass der PUE nach wie vor ein gutes Instrument zur Evaluierung der aktuellen Effizienzsituation eines Rechenzentrums ist, vor allem wenn er als ein Messinstrument neben anderen verwendet wird. Um den PUE allerdings als objektives Kriterium zur Messung von Energieeffizienz verwenden zu können, ist es notwendig, im Vorfeld einige Parameter festzulegen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Dies kann nicht an dieser Stelle geschehen und bleibt als Desideratum für die nähere Zukunft bestehen.

7 Literatur

The Uptime Institute, 2008, „Updated! Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance“, <http://uptimeinstitute.org/content/view/22/56/>.

eco e.V., 2008, „Bestandsaufnahme effiziente Rechenzentren“, http://www.eco.de/dokumente/eco_RZ_Umfrage_korr.pdf.

The Green Grid, 2007, „The Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics: PUE and DCiE“, Technical Committee White Paper, http://www.thegreengrid.org/gg_content/TGG_Data_Center_Power_Efficiency_Metrics_PUE_and_DCiE.pdf.

Environmental Protection Agency, ENERGY STAR Program, 2007, „Report to Congress on Server and Data Energy Efficiency“, http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf.

Google Inc., 2008, "Data Center Efficiency Measurements", <http://www.google.com/corporate/datacenters/index.html>.

Borderstep Institut, 2008, "Energieverbrauch und Energiekosten von Servern und Rechenzentren in Deutschland", <http://www.borderstep.de/details.php?menue=6&subid=57&projektid=220&le=de>.

DIN: Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen in Deutschland, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003.

Dell Inc., 2008, „Planning for Energy Requirements with Dell Servers, Storage, and Networking“, <http://www.dell.com/calc>.