



Wie messe ich den PUE richtig?

Leitfaden

■ 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: | Holger Skurk Tel.: 030.27576-250 h.skurk@bitkom.org |
| Verantwortliches BITKOM-Gremium: | AK Rechenzentrum & IT-Infrastruktur |
| Projektleitung: | Dr. Ludger Ackermann, Mansystems Deutschland GmbH |
| Copyright: | BITKOM 2011 |
| Titelbild: | Alejandro Mendoza, istockphoto.com |

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im BITKOM zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim BITKOM.

Wie messe ich den PUE richtig?

Leitfaden

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--------------------------|----|
| 1 | Einleitung | 3 |
| 2 | Definition des PUE | 4 |
| 2.1 | Übersicht: Kategorie 0–3 | 4 |
| 2.2 | Kategorie 0 | 5 |
| 2.3 | Kategorie 1 | 6 |
| 2.4 | Kategorie 2 | 7 |
| 2.5 | Kategorie 3 | 8 |
| 3 | Ein Beispiel | 9 |
| 4 | Fazit | 11 |

Quellen:

[1] Leitfaden Energieeffizienzanalysen im Rechenzentrum
(http://www.bitkom.org/de/themen/36795_55559.aspx)

[2] Recommendations for Measuring and Reporting Overall Datacenter Efficiency
(http://www1.eere.energy.gov/industry/datacenters/pdfs/task_force_metrics_recommendations.pdf)

Grafiken in Anlehnung an Uptime Institute

1 Einleitung

Technischer Wandel wie Cloud Computing und der steigende Einsatz mobiler Endgeräte, der durch die Entwicklung leistungsfähiger Tablets auch im Unternehmensbereich Einzug halten wird, führt zu einer weiteren Verlagerung von Rechenleistung in die Rechenzentren. Politischer Wandel, der mit dem Schlagwort „Energiewende“ einem ganz anderen Industriezweig eine vergleichbare Wandlungsdynamik auferlegt, wie sie in der IT Industrie schon immer gegeben war, lässt eine Steigerung der Energiepreise befürchten, die natürlich auch die Rechenzentren betrifft. Diese Steigerung wird vor allem dann unvermeidlich sein, wenn der „Energieerzeugungswende“ nicht ein „Energieverbrauchswende“ zur Seite gestellt wird, die Einsparpotenziale besser adressiert. Daher ist es nur zwangsläufig, dass auch die Effizienz von Rechenzentren verstärkt in das Interesse der Betreiber rückt, denn international wird davon ausgegangen, dass IT für etwa 2% des Stromverbrauchs in den industrialisierten Ländern verantwortlich ist. Zudem ist in den Rechenzentren ein hohes Einsparpotenzial vorhanden, das sich mit aktuell verfügbaren Standard-Technologien leicht heben lässt, auch in Bestandsrechenzentren.

Im Rechenzentrum konkurriert die Energieeffizienz aber mit den Zielen der Verfügbarkeit, der physischen Sicherheit und der Betriebssicherheit, die in der Regel Vorrang haben. Kommt dann durch den oben beschriebenen Wandel und den auch vorher schon vorhandenen stetigen Ausbau der IT Infrastrukturen eine wachsende IT Last im Rechenzentrum hinzu, wird die Energieeffizienz schnell wieder hinten angestellt, da zunächst Aus- und Umbauten bewältigt werden müssen.

Nur: dieser Zustand ändert sich nie. Daher muss Energieeffizienz zu einem integrierten Teil des Rechenzentrumsbetriebs werden, so dass sie automatisch bei allen Änderungsprozessen mit betrachtet und umgesetzt wird. Vielen RZ Betreibern fehlt hierzu ein organisatorischer Ansatz, da das Thema Energieeffizienz alle Bereiche des RZ und dazu noch die IT betrifft. Diese Komplexität bilden holistische Modelle wie z.B. das OpenDCME Modell ab (www.opendcme.org), oder werden in Leitfäden des BITKOM beschrieben [1].

Möchte ein Unternehmen oder ein RZ Betreiber aber in das Thema neu einsteigen, so benötigen sie einen Ansatz, der die Komplexität reduziert und trotzdem eine Aussage über den Status der Energieeffizienz und sein Entwicklung gibt. Dazu scheint der PUE-Wert (oder dessen Kehrwert, der DCiE) ein geeigneter KPI zu sein, der das Verhältnis aus Gesamtenergieverbrauch und dem Energieverbrauch der IT angibt. Dieser KPI wird international auch als der wichtigste Wert angesehen, allerdings gab es auch lange Zeit Verwirrung um die korrekte Art, den Wert zu messen und anzugeben.

In diesem Beitrag wollen wir aber nicht nur die klarstellenden Definitionen des GreenGrid beschreiben, sondern auch pragmatische Ansätze für solche Bestandsrechenzentren darstellen, die den Meßvorschriften nicht genügen können. Anhand einer typischen Konstellation stellen wir zudem dar, welchen PUE man in einem klassischen Rechenzentrum erwarten kann.

2 Definition des PUE

Um die Diskussionen um die Definition und korrekte Messung von PUE Werten zu beenden, hat ein Konsortium aus GreenGrid, ASHRAE, EnergyStar, Uptime Institute und weiteren Beteiligten die „Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency“ herausgegeben (Quelle: Data Center Metrics Task Force Recommendations V2 5-17-2011). Darin ist auch geklärt, wie die PUE Werte veröffentlicht werden sollen.

■ 2.1 Übersicht: Kategorie 0 – 3

Zunächst ist der PUE nicht mehr nur ein Wert, sondern je nach Art der Messung ein Wert einer bestimmten Kategorie. Die nachfolgende Tabelle zeigt den im Paper verwendeten Überblick.

| | PUE Kategorie 0* | PUE Kategorie 1 | PUE Kategorie 2 | PUE Kategorie 3 |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Ort der IT-Energiemessung | USV Ausgang | USV Ausgang | PDU Ausgang | IT-Equipment Eingang |
| Definition IT-Energie | Elektrische Spitzenleistung der IT | jährlicher Energieverbrauch der IT | jährlicher Energieverbrauch der IT | jährlicher Energieverbrauch der IT |
| Definition Gesamtenergie | Elektrische Gesamtsitzenleistung | jährlicher Gesamtenergieverbrauch | jährlicher Gesamtenergieverbrauch | jährlicher Gesamtenergieverbrauch |

Tabelle 1: PUE Kategorien, nach [2]

Kategorie 0 ist die einzige, bei der der PUE wie ursprünglich definiert auf der Messung von Leistungsaufnahmen beruht. Dabei werden sowohl für die IT Last als auch für Gesamtlast die Peak Werte genommen und mit 12 Monaten multipliziert. Diese Kategorie darf nur verwendet werden, wenn ausschließlich elektrische Energie verwendet wird. Eine Umrechnung anderer Energieträger ist in dieser Kategorie nicht erlaubt.

Kategorie 1 verwendet zur Feststellung des Energieverbrauchs der IT den Wert am Ausgang der USV. Die Gesamtenergie wird am Eingang des Rechenzentrums gemessen. Diese Definition beruht also auf der Messung von Energien über den Zeitraum von 12 Monaten und es müssen Meßgeräte an allen relevanten Stellen angebracht sein. Für Gebäude, die neben elektrischem Strom weitere Energieträger mit dem Rechenzentrum austauschen, müssen für alle Energieträger ebenfalls Messgeräte vorhanden sein und es müssen Untermessungen vorgenommen werden. Alle Energieträger müssen dann entsprechend der nachfolgenden Tabelle auf elektrische Energie umgerechnet werden.

* Für PUE Kategorie 0 erfolgen die Messungen für die elektrische Last (kW)

| Energieform | Wichtungsfaktor |
|--------------------|-----------------|
| Elektrizität | 1.0 |
| Erdgas | 0.31 |
| Heizöl | 0.30 |
| andere Brennstoffe | 0.30 |
| Fernkälte (Wasser) | 0.31 |
| Fernwärme (Wasser) | 0.40 |
| Fernwärme (Dampf) | 0.43 |
| Kondensatorwasser | 0.03 |

Tabelle 2: Wichtungsfaktoren der Energiequellen nach [2]

Kategorie 2 verwendet zur Feststellung des Energieverbrauchs der IT den Wert am Ausgang der PDU. Die Gesamtenergie wird wie bei Kategorie 1 am Eingang des Rechenzentrums gemessen. Diese Definition ist genauer als die der Kategorie 1, weil die IT Last genauer bestimmt wird, indem alle Verluste bis zum Ausgang der PDU dem Gesamtverbrauch zugerechnet werden. Alle anderen Vorschriften sind identisch zu Kategorie 1.

Kategorie 3 verwendet zur Feststellung des Energieverbrauchs der IT den Wert am Eingang der IT Komponenten. Die Gesamtenergie wird wieder wie bei Kategorie 1 am Eingang des Rechenzentrums gemessen. Diese Definition ist noch einmal genauer als die der Kategorie 2, weil die IT Last nun ausschließlich den Energieverbrauch der IT betrachtet und alle anderen Verluste dem Gesamtverbrauch zugerechnet werden. Alle anderen Vorschriften sind identisch zu Kategorie 1.

Für die Kategorien 1 – 3 gilt daher (unter Beachtung der jeweiligen Meßvorschrift für den Energieverbrauch der IT:

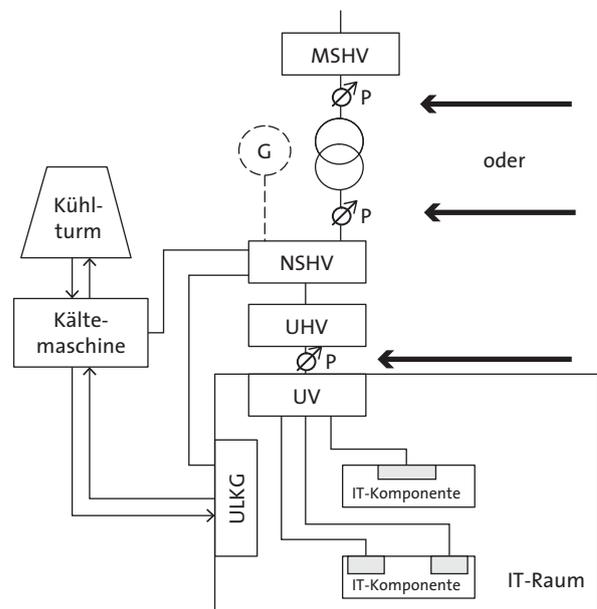
$$PUE = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch des RZ}}{\text{Energieverbrauch IT}} \geq 1,0$$

Die verwendete Kategorie wird als Index angegeben, PUE Kategorie 0 also PUE₀ usw.

2.2 Kategorie 0

Vielen Bestandsrechenzentren fehlt die Möglichkeit, die für den PUE geforderten Energien zu messen, insbesondere in gemischt genutzten Gebäuden, in denen neben dem Rechenzentrum noch Büros oder andere Einrichtungen vorhanden sind. Die Voraussetzungen für die Messung des PUE Kategorie 0 sind dagegen in der Regel gegeben.

Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass die Leistung der IT hinter der USV gemessen werden muss, die Eingangsleistung je nach Verantwortungsbereich des RZ Betreibers entweder vor oder hinter dem Transformator. Bei jeder summarischen Messung am Ausgang der USV ist darauf zu achten, wenigstens den Verbrauch der IT vom Verbrauch von anderen auf die USV aufgelegten Teilen des Systems zu trennen. Häufig werden kritische Komponenten des Kühlsystems (Lüfter, Pumpen) mit USV-Strom versorgt, diese Lasten zählen nicht zur IT Leistung.



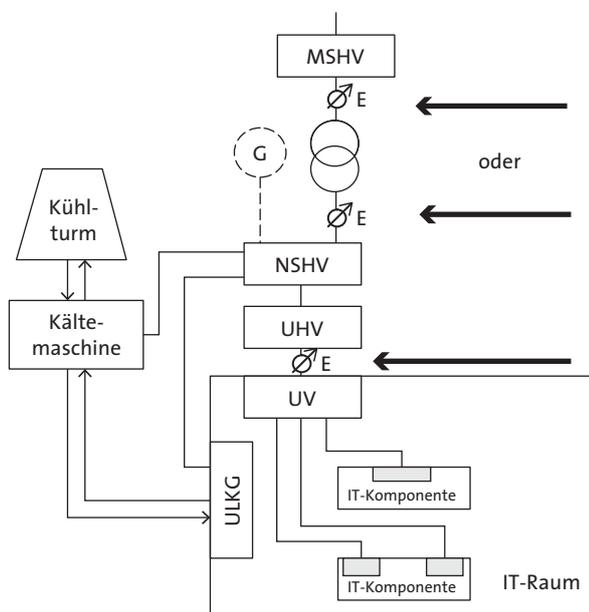
Für alle Kategorien ergibt sich die Schwierigkeit, dass die Verluste des Transformators nicht für jeden Betreiber in die Betrachtung aufgenommen werden können.

Liegt der Transformator in der Verantwortung des Energieversorgers, können davor Messungen nur mit einem Aufwand durchgeführt werden, der zur Ermittlung des PUE nicht gerechtfertigt ist.

Eine Verwendung des PUE_0 können wir nicht wirklich empfehlen. Die Definition über die Peak-Werte für die Leistungen mittelt jegliche Schwankung der Lasten aus und führt somit nicht zu einem echten Verständnis für die Energieverbräuche. Um dieses zu erreichen sollte aus unserer Sicht die Messung des Energieverbrauchs am Eingang des Rechenzentrums eingerichtet werden. Die Messung am Ausgang der USV ist in der Regel gegeben, so dass man PUE_1 verwenden kann.

2.3 Kategorie 1

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Meßvoraussetzungen für den PUE der Kategorie 1.



Diese Kategorie stellt einen einfachen Einstieg in die Messung des PUE dar. Schwierigkeiten treten dann auf, wenn zusätzliche Verbraucher in gemischten Gebäuden angeschlossen sind. So können IT Geräte in Büros über

spezielle Leitungen an die USV angeschlossen sein, oder die Klimatisierung erfolgt über die gleiche Kältemaschine, die auch das Rechenzentrum kühlt. Die Meßvorschrift verlangt dann Unterzähler für alle zusätzlichen Verbraucher, so dass der PUE_1 nur die Verbräuche des Rechenzentrums enthält.

Die Betrachtung gemischter Gebäude wurde in dem Paper des Konsortiums ebenfalls definiert. Dabei wird insbesondere die korrekte Definition der Grenze des Rechenzentrums in gemischten Gebäuden betont (s. Abbildung).

Die Schwierigkeit in gemischten Gebäuden ist die Feststellung des Gesamtenergieverbrauchs des Rechenzentrums. Ein pragmatischer Ansatz zur Berechnung des Gesamtenergieverbrauchs aus dem IT-Energieverbrauch ist, konstante Wirkungsgrade von USV und Klimatisierung anzunehmen. Da in der Kategorie 1 des PUE viele andere Verluste ohnehin der IT zugeschlagen werden, kann aus dem gemessenen Verbrauch für die IT und dem errechneten Gesamtverbrauch ein PUE_1 mit einer vertretbaren Toleranz der Genauigkeit angegeben werden. Wir empfehlen aber natürlich auch, die Meßsituation zügig zu verbessern, um auf den Umweg über die Berechnung verzichten zu können und somit der Definition des PUE_1 zu entsprechen.

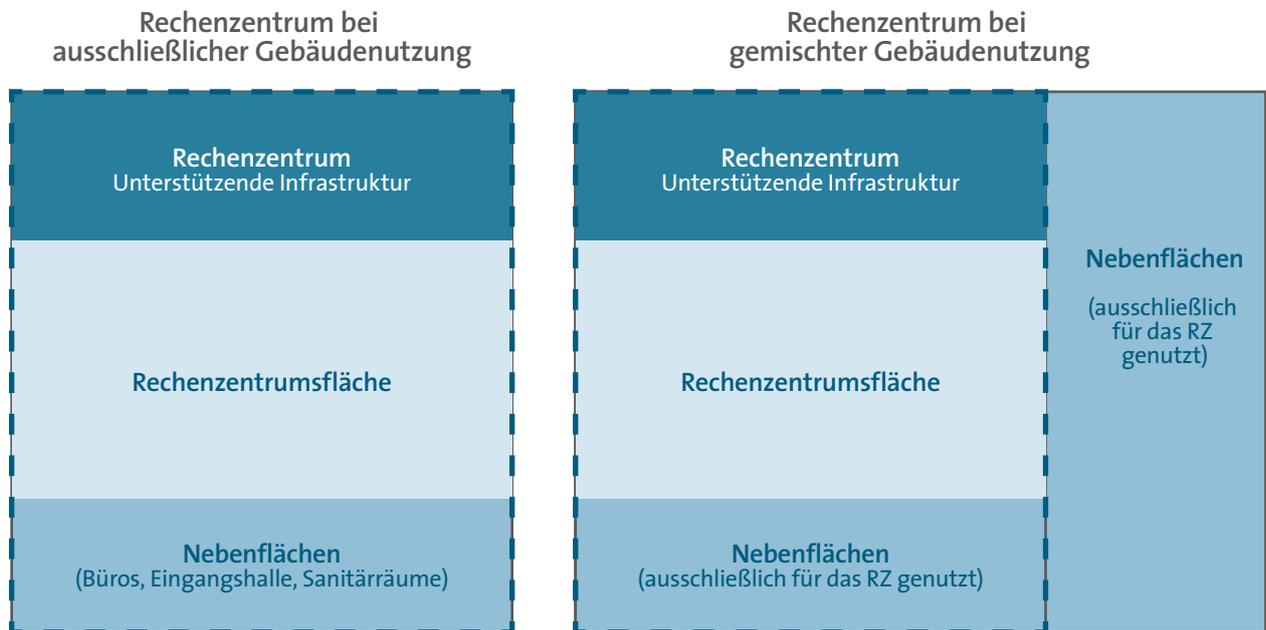
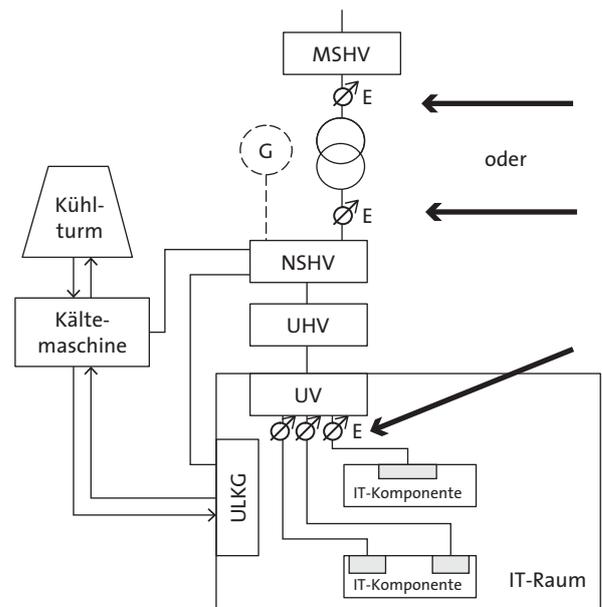


Abbildung 1 Rechenzentrumsgränzen bezogen auf den Verbrauch aller Energieformen nach [2]

2.4 Kategorie 2

In dieser Kategorie wird am Ausgang der Unterverteilungen (PDU) der Verbrauch der IT gemessen. Damit werden alle Verluste zwischen Ausgang der USV und Ausgang der PDU nicht mehr der IT, sondern dem Gesamtverbrauch zugerechnet. Die Erfüllung dieser Meßvorschrift erfordert einen höheren Aufwand, da mehr Werte von den PDU-Ausgängen abgelesen werden müssen. Der Zugewinn an Genauigkeit hängt vom Aufbau des Rechenzentrums ab. Je größer die IT Räume sind, je länger also die Kabel sind und damit deren Verluste zunehmen, und je mehr weitere Komponenten in den Kabelwegen verbaut sind, desto wichtiger wird es, diese Verluste zu berücksichtigen und zum PUE2 überzugehen.

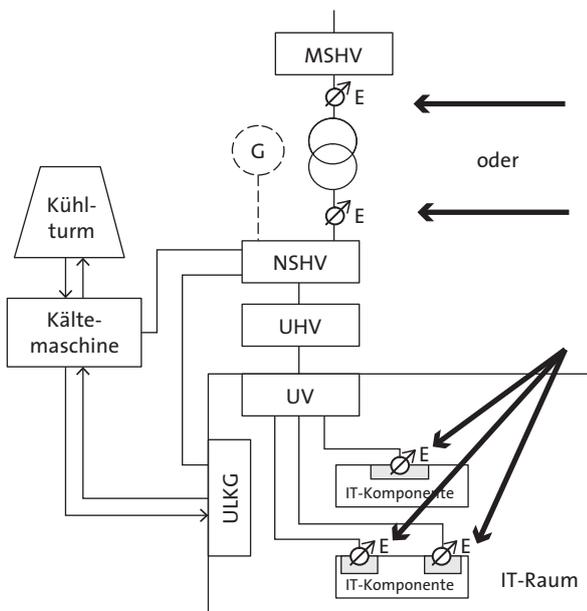
Die nachfolgende Abbildung zeigt die Meßvoraussetzungen für den PUE der Kategorie 2.



In gemischten Gebäuden wird der gleiche Ansatz zur Errechnung des Gesamtenergieverbrauches wie in Kategorie 1 verwendet, wenn dieser nicht direkt gemessen werden kann. Dieser Ansatz ermöglicht sogar den Beitritt zum EU Code of Conduct, wenn der Verbrauch der IT hinreichend genau bekannt ist.

2.5 Kategorie 3

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Meßvoraussetzungen für den PUE der Kategorie 3.



Die Meßvorschrift zur Erfassung des Verbrauchs der IT wird noch einmal dahingehend verschärft, dass nun alle Verluste bis zum Eingang in die IT Komponente dem Gesamtverbrauch zugerechnet werden. Dazu ist es notwendig, den Verbrauch der IT direkt am Eingang der IT Komponente zu messen. Viele Hersteller stellen eine Möglichkeit bereit, den Energieverbrauch aus den Netzteilen mit Mitteln des System Management auslesen zu lassen.

Die Schwierigkeit besteht dann allerdings darin, diese Datenmengen zu verarbeiten und den IT Verbrauch zu bestimmen. Hierzu sind Tools erforderlich, die als eine Art

Add-on auf einer CMDB diese Werte speichern und einer Auswertung zugänglich machen können. Zudem müssen auch alle Komponenten korrekt in der CMDB gepflegt sein und eine Schnittstelle zwischen dem System Management und der CMDB für die korrekte Zuordnung der Daten sorgen. Der PUE₃ ist also nur insofern für die Praxis interessant, als er einen IT-basierten Ansatz zur Automatisierung der Erfassung des IT Verbrauchs bietet und somit die Schwierigkeiten einer automatisierten Erfassung für PUE₁ und PUE₂ umgeht.

Eine in vielen Fällen praktikablere Alternative besteht darin, „intelligente“ Stromverteilerleisten zu verwenden, die eine Auslesung des Energieverbrauches der angeschlossenen Geräte erlauben. Ihr Einsatz ist inzwischen weit verbreitet und problemloser als das Auslesen von Verbrauchswerten aus den IT Komponenten, insbesondere bei einer heterogenen IT-Bestückung.

3 Ein Beispiel

Selbst mit großer Sorgfalt ermittelte PUE-Werte eignen sich nur bedingt für einen Vergleich des eigenen mit anderen Rechenzentren. Der größte Nutzen liegt darin, mit konsistenten Messungen eine Metrik für die Verbesserungen der eigenen Infrastruktur zu bekommen.

Viele Betreiber haben allerdings den Wunsch, sich mit anderen Rechenzentren vergleichen zu können, um zu erfahren, wo sie ungefähr stehen. Für ein derartiges Benchmarking gibt es kaum zuverlässige Datenbasen, daher soll an dieser Stelle ein Beispiel gegeben werden, in

welchem Bereich der PUE liegen kann. Dabei stellen die hier ausgewählten Eigenschaften eines Rechenzentrums in gewissem Sinne „typische“ Eigenschaften dar, als wir sie einzeln häufig vorfinden. Die Kombination aller Eigenschaften muss dagegen nicht typisch sein, die Variationen von Rechenzentrum zu Rechenzentrum sind doch sehr vielfältig.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die angenommenen Eigenschaften und welche Abweichungen zu einer Verbesserung oder Verschlechterung des PUE führen.

| Angenommene Eigenschaft | Verbesserung des PUE | Verschlechterung des PUE |
|---|---|---|
| Kalt-/Warmgang Aufstellung | Housing führt zu Verringerung des Kühlaufwands | Nichteinhaltung führt zu erhöhtem Kühlaufwand |
| Klimageräte mit angepasster Ventilatorleistung | | Durchgehend auf Volllast laufende Geräte verbrauchen unnötig Energie |
| Temperatur am Ausgang des Klimagerätes von 18 °C | Höhere Ausgangstemperatur verbessert die Kühleffizienz. Empfohlen werden derzeit Temperaturen um 25°C | Niedrigere Ausgangstemperatur verbraucht unnötig Energie |
| Feuchtigkeitsbereich 40 – 70% rH | Höhere Bereiche vermeiden Be- und Entfeuchtung | Ein einziger Sollwert (z.B. 55% rH) führt zu ständiger Be- oder Entfeuchtung |
| Kältemaschinen mit Kompressor und einem COP von 3 | Freie Kühlung oder Geräte mit einem COP > 3 sparen signifikant Energie | Zusätzliche Wärmetauscher im Kühlsystem erfordern zusätzliche Temperaturdifferenzen |
| USV mit Wirkungsgrad 90% auch für Teillast (Last zwischen 30 – 100%) | USV mit höherem Wirkungsgrad bzw. modulare USV | USV mit schlechterem Wirkungsgrad, besonders im unteren Teillastbereich |
| Normale Beleuchtung im Maschinen-saal, manuelle Ausschaltung | Energieeffiziente Leuchten und automatische Schaltung über Bewegungsmelder | Ständige Beleuchtung, auch wenn niemand im Maschinensaal arbeitet |
| Schiffdiesel als Netzersatzanlagen, permanente elektrische Vorerwärmung | Netzersatzanlagen ohne zusätzlichen Energieverbrauch | Unnötig redundante Auslegung ¹ |

Tabelle 3: Auswirkungen verschiedener Merkmale auf den PUE



Bei einer physikalischen Auslastung des verfügbaren Rackspace von um die 50% hat ein Rechenzentrum mit den obigen Eigenschaften einen PUE_1 von ca. 1,6 – 1,8. Ein heute gut geplantes, neu gebautes und gut betriebenes RZ sollte bei mindestens 1,4 oder besser liegen, unter günstigen Umständen sind auch Werte um 1,25 erreichbar.

Die verbleibenden Unterschiede kommen durch Details zustande, wie z.B. direkte Sonneneinstrahlung durch Fenster, zu geringe Höhen im Unterboden oder über den Racks, Kabelführung, die den Luftfluss behindert, oder zu geringe Auslastung des Rechenzentrums, so dass alle Komponenten im ungünstigeren Teillastbereich arbeiten. Für größere Rechenzentren kommen auch noch Verluste über die Länge der Kabelwege hinzu, die sich aber nur im PUE_2 zeigen.

Als weniger relevant kann dagegen der Ort des Rechenzentrums angesehen werden, solange es sich innerhalb Mitteleuropas befindet. Klimatische Unterschiede lassen sich kaum in Unterschieden der Energieeffizienz nachweisen, wenn das Rechenzentrum an sich effizient ausgelegt ist. Das mag daran liegen, dass bei freier Kühlung und hohen Temperaturen im Warmgang sich der Zeitraum zur kompressorbasierten Kühlung auf einige Tage bis wenige Wochen im Sommer beschränkt – und auch in diesen Zeiten nur am Tag, denn in Nacht reicht meist schon wieder die freie Kühlung.

4 Fazit

Mit der Veröffentlichung der Definition der PUE Kategorien des Konsortiums rund um das GreenGrid sind die theoretischen Voraussetzungen geschaffen, um Messwerte im Rechenzentrum ermitteln und veröffentlichte Werte vergleichen zu können.

Jedes Rechenzentrum sollte heute mit der Ermittlung und dem Reporting einfacher Basisdaten beginnen, zu denen auch der PUE gehören sollte. Dabei sind die Voraussetzungen für die Ermittlung des Energieverbrauchs der IT für PUE_1 oder PUE_2 in der Regel erfüllt, fehlende Voraussetzungen zur Ermittlung des Gesamtenergieverbrauchs, insbesondere in gemischten Gebäuden, können für eine Übergangszeit durch Rechenmodelle ersetzt werden.

Die gesamte Betrachtung und Diskussion des PUE darf aber nicht vergessen lassen, dass der Energieverbrauch eines Rechenzentrums maßgeblich vom Energieverbrauch der IT bestimmt wird. Die Kosten eines Rechenzentrums lassen sich schnell und einfach senken, wenn energieeffiziente IT eingesetzt wird. Manager und Kunden von IT Service Dienstleistern, die einseitig eine Verbesserung des PUE durch den Rechenzentrumsbetreiber fordern, ohne ihren Anteil am Gesamtsystem Rechenzentrum zu sehen, handeln daher halbherzig in der Energieeffizienz-Debatte.

Um in Zukunft zu einer umfangreichen und verlässlichen Datenbasis für einen Vergleich der Energieeffizienz von Rechenzentren zu gelangen, sollten alle Rechenzentren die Basisdaten erheben und den PUE ermitteln – am besten noch heute. Diese Daten wird die gesamte IT Industrie benötigen, wenn die einfachen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ausgeschöpft sind und es an die schwierigeren Details geht, um die Energieeffizienz dann weiter steigern zu können.

Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. vertritt mehr als 1.600 Unternehmen, davon 1000 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