

# Der PUE-Faktor

> Tech Brief



# Der PUE-Faktor

## Einleitung

Viele Jahre lang ging es in Rechenzentren in erster Linie um Leistungskapazität oder Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ ). Mitte bis Ende der 90er-Jahre lag der Standard für die Betreiber von Rechenzentren bei  $250 W/m^2$ . Einige fortschrittliche Firmen erreichten jedoch bereits die „riesige“ Menge von  $500 W/m^2$ , wodurch die Zukunftssicherheit ihrer Anlagen für die nächsten 20 Jahre ganz klar gesichert sein würde. Infolgedessen waren die Gespräche zwischen Betreibern und Planern (sowie viele Industriekonferenzen) in den letzten zehn Jahren vor allem von Behauptungen und Gegenbehauptungen rund um das Thema  $W/m^2$  geprägt. In den letzten Jahren gewann jedoch eine neue Kennzahl zunehmend an Bedeutung und das war der PUE-Wert (Power Usage Effectiveness). Leider herrschen, wie schon bei den  $W/m^2$ , viele Unklarheiten im Hinblick auf den PUE-Wert, wodurch sich häufig Diskussionen ergeben. In diesem Artikel werden wir versuchen, auf einige der Themen und Schwierigkeiten einzugehen.

## Definition des PUE-Wertes

Es ist wohl am besten, zunächst mit einer formellen Definition der Power Usage Effectiveness zu beginnen. Das internationale IT-Konsortium „The Green Grid“ definiert den PUE-Wert wie folgt:

PUE-Wert (Power Usage Effectiveness)

$$PUE = \frac{\text{Gesamte vom Rechenzentrum verbrauchte Energie}}{\text{Energieverbrauch der IT-Ausstattung}}$$

The Green Grid beschreibt die obengenannten Elemente folgendermaßen:

Energieverbrauch der IT-Ausstattung: Dies bezieht sich auf den Verbrauch der gesamten IT-Ausstattung und berücksichtigt Rechner, Speicher- und Netzwerk-Ausstattung sowie zusätzliche Ausstattung wie KVM-Switches, Überwachungsanlagen und Workstations/Laptops, die für die Überwachung oder sonstige Steuerung des Rechenzentrums verwendet werden.

Die gesamte vom Rechenzentrum verbrauchte Energie steht für alles, was für die Energieversorgung der IT-Ausstattung erforderlich ist, einschließlich:

- Energieversorgungskomponenten wie USV, Schaltanlagen, Generatoren, Stromverteilereinheiten, Batterien und externe Verteilungsverluste der IT-Ausstattung
- Kühlsystemkomponenten wie Kühlaggregate, Klimaanlage für Rechnerräume (CRACs), Klimaanlage mit Direktexpansion (DX), Pumpen und Kühltürme
- Rechen-, Netzwerk- und Speicherknoten
- Verbrauch sonstiger Komponenten, zum Beispiel der Beleuchtung des Rechenzentrums

Der PUE-Wert ist also eine Kennzahl, die uns Auskunft darüber gibt, wie viel Energie von einem Rechenzentrum im Verhältnis zur Energieaufnahme seiner IT-Ausstattung verbraucht wird. Die beste theoretisch erreichbare Zahl wäre hierbei 1,0. Das würde bedeuten, dass keine zusätzliche Energie für das Rechenzentrum benötigt wird, außer der, die von der IT-Ausstattung verbraucht wird. Dies wäre nur in einem verlustfreien System (d. h. ohne Transformator-, Übertragungs- oder USV Verluste) möglich und kann daher unmöglich erreicht werden. Es existieren jedoch praktische technische Lösungen, die einen PUE-Wert von nahezu 1,0 ermöglichen. Die PUE-Werte von älteren Rechenzentren können bei bis zu 5,0 liegen, während neue Zentren einen Wert von bis zu 1,21 erreichen können (vor kurzem von Google gemeldet). In Wirklichkeit erreichen die meisten älteren Rechenzentren einen Wert im Bereich von 2,5 bis 3,0, wohingegen erst vor kurzem gebaute Zentren in den Bereich von 1,5 bis 2,5 fallen. Warum fallen die PUE-Werte so unterschiedlich aus? Keine zwei Rechenzentren sind jemals genau gleich. Unterschiedliche Designs, Stufeneinteilungen („Tier Rating“) und Standorte können sich alle auf den PUE-Wert auswirken.

## Effektive Messung des PUE-Wertes – neu/alt

Nun wissen wir, was der PUE-Wert ist, aber wie misst man ihn aktiv in der Praxis? Bei einer neuen Anlage ist das eine einfache Aufgabe. Grundsätzlich gilt: Wenn eine Messung möglich ist, sollte man dies auch tun. Der Verbrauch der IT-Ausstattung kann an den Stromverteilungseinheiten gemessen werden, während der Gesamtverbrauch des Gebäudes an den Hauptschalttafeln zu messen ist. Die Kosten für die Installation solcher Verbrauchszähler sind in der Bauphase wesentlich geringer als die Kosten, die für den nachträglichen Einbau in einer bereits aktiven Rechenzentrums Umgebung anfallen. Ein weiterer Vorteil des flächendeckenden Einsatzes von Verbrauchszählern innerhalb der Anlage sind die für die Laufzeit der Anlage unschätzbar wertvollen Verwaltungsinformationen, die sie liefern.

Bei älteren Rechenzentren ist das schon schwieriger. Das grundsätzliche Problem hierbei ist, dass die Rechenzentrums Umgebung bereits aktiv, häufig veraltet, unter Umständen nicht zugänglich für Wartungsarbeiten oder Teil eines größeren Gebäudes ist (z. B. eines Bürogebäudes). In diesem Fall müssen wir mit so vielen Informationen wie möglich arbeiten, um das Risiko zu minimieren. Am wichtigsten ist es, den Verbrauch der IT-Ausstattung zu bestimmen. Wenn möglich sollten Verbrauchszähler an die Stromverteilungseinheiten in der Datenhalle angeschlossen werden, da ein Fernzugriff auf diese Daten möglich ist. Ansonsten ist eine manuelle Überwachungsmethode erforderlich. Es gilt, den Verbrauch zu messen, der nicht vom Rechenzentrum selbst ausgeht (um zu ermitteln, welcher Anteil der Energie kein Teil der Messung ist). Die für diesen Verbrauch verantwortliche Energieversorgung ist häufig weniger kritisch und kann daher mit geringerem Risiko unterbrochen werden. Die

## Der PUE-Faktor

letzte Möglichkeit wäre eine Schätzung. Wenn vom Rechenzentrum und dem Büro gemeinsam genutzte Systeme (z. B. Kühl- oder Lüftungs - anlagen) vorhanden sind, kann eine fundierte Schätzung abgegeben werden, die anschließend zur Messung des PUE-Wertes und damit zur Überwachung der Effizienz des Rechenzentrums verwendet werden kann.

### > Beispiel aus der Praxis

Stellen wir uns einmal zwei Mega-Rechenzentren vor, die in jeder Hinsicht identisch sind, außer was ihre Eingangsstromversorgung betrifft (33 kV bei Standort A, 132 kV bei Standort B). Welches hat den besseren PUE-Wert?

- Wird die Messung unmittelbar nach den Transformatoren des Umspannwerks (d. h. an den 11-kV-Schalttafeln) durchgeführt, sind die PUE-Werte genau gleich.
- Wird die Messung an dem Punkt durchgeführt, an dem die Energie in den Standort gespeist wird (d. h. an den 33-kV-Lasttrennschaltern von Standort A und den 132-kV-Lasttrennschaltern von Standort B), fällt der PUE-Wert von Standort B durch die zusätzlichen Verluste wahrscheinlich marginal schlechter aus.
- Betrachten wir nun die Übertragungsverluste. Diese sind bei einem 132-kV-Kabel geringer als bei einem 33-kV-Kabel. Dadurch liegt Standort B wieder potentiell vorn.

Wir haben also ein Rechenzentrums-Design, einen einzelnen, einfachen Unterschied und drei Möglichkeiten zu bestimmen, welche Anlage den besseren PUE-Wert aufweist! Und dabei haben wir noch nicht einmal über die Länge der Versorgungskabel gesprochen ...

## Verwendung des PUE-Wertes

Was sagt uns der PUE-Wert also über die Anlage? Wie hilft uns der PUE-Wert dabei, die Anlage zu verstehen? Was kann getan werden, um den PUE-Wert zu senken? Warum hat Rechenzentrum X einen besseren PUE-Wert als Rechenzentrum Y? Dies sind alles Fragen, die immer wieder gestellt wurden, seit der PUE-Wert in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat.

Sobald der PUE-Wert gemessen wurde, dient er als schnelle „visuelle“ Überprüfung der Effizienz des Rechenzentrums. Dies lässt sich mit dem Literverbrauch pro Kilometer (LPK) eines Autos vergleichen. Für einen Autobesitzer ist es hilfreich zu wissen, ob der LPK besser oder schlechter geworden ist. Auf die gleiche Weise hilft der PUE-Wert den Anlagenmanagern dabei, die Leistung ihrer eigenen Standorte einzuschätzen. Der PUE-Wert ermöglicht es den Betreibern, Lösungen zur Verbesserung ihrer Anlage zu finden und die Auswirkungen der vorgenommenen Änderungen zu messen.

Der Schlüssel zu einem effektiven Änderungsmanagement liegt jedoch in der Menge der innerhalb der Anlage installierten Verbrauchszähler. Eine Veränderung in einem Bereich mag vielleicht den PUE-Wert der Anlage senken, könnte jedoch andere Teile der Installation übermäßig belasten. Die Senkung des PUE-Wertes kann sich deutlich auf den Betrieb und ganz besonders auf die laufenden Kosten des Rechenzentrums auswirken, was angesichts des derzeitigen wirtschaftlichen Klimas am wichtigsten ist. Ein geringerer PUE-Wert bedeutet, dass das Rechenzentrum effizienter arbeitet, wodurch die Energiekosten gesenkt werden.

Beim Bau einer neuen Anlage bedeutet eine Auslegung auf einen geringen PUE-Wert, dass weniger Energie für den Standort benötigt und daher der Netzanschluss unter Umständen kostengünstiger wird. Es wäre sogar möglich, dass ein zunächst abgelehnter Standort nun doch realisierbar ist. Für die IT-Manager bedeutet ein geringerer Energieverbrauch des Rechenzentrums hingegen, dass mehr Energie für die IT-Ausstattung verwendet werden kann. Mehr oder energieaufwändigere IT-Ausstattung kann zu minimalen Kosten installiert werden, um die Infrastruktur zu modernisieren. Dadurch kann die Laufzeit eines älteren Rechenzentrums verlängert werden.

## Vergleich von PUE-Werten

Kommen wir noch einmal auf unsere Auto- und LPK-Analogie zurück. Können unterschiedliche Autos effektiv nur anhand ihres LPK verglichen werden? Nein. Wenn das der Fall wäre, würden die meisten Hersteller einen Weg finden, einen LPK anzugeben, der viel höher als der tatsächliche LPK während der Fahrt ist. Besteht dieses Risiko auch beim PUE-Wert? Kurz gesagt, ja. Der PUE-Wert ist ein nützliches Werkzeug, sollte jedoch nur als einer von mehreren Vergleichswerten angesehen werden.

Im Folgenden sind einige Fallstricke aufgelistet, die es bei der Betrachtung von PUE-Werten zu vermeiden gilt:

1. Design-PUE-Wert und gemessener PUE-Wert – Der theoretisch mit einer Auslegung erreichbare PUE-Wert spiegelt sich in der Praxis aus vielen Gründen nicht wider. Wenn möglich sollte der gemessene PUE-Wert verwendet werden.
2. Zeit der Messung – Es ist nicht erforderlich, den PUE-Wert zu einer bestimmten Zeit zu messen oder einen Durchschnittswert für einen festgelegten Zeitraum anzugeben. Aus diesem Grund spiegelt der PUE-Wert normalerweise die optimale Leistung einer Anlage und nicht den typischen Wert wider. Somit ist es möglich, dass ein Rechenzentrum in Island einen schlechteren PUE-Wert als ein Rechenzentrum in Großbritannien aufweist, wenn die Messungen jeweils im Sommer oder Winter durchgeführt werden.
3. Brennstoffversorgung – Der PUE-Wert wird mithilfe einer einfachen Berechnung ermittelt, bei der nur die von der Anlage und

## Der PUE-Faktor

der IT-Ausstattung benötigte elektrische Energie berücksichtigt wird. Wenn eine Gasversorgung für die Kühlung der Anlage über eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlage (KWK) verwendet wird, sollte dies beim PUE-Wert berücksichtigt werden, wird es aber nicht. Tatsächlich stellt sich die Frage, ob eine Gasversorgung angesichts der mit den Hochdruckleitungen und der Ausfallsicherheit der Versorgung verbundenen Gefahren überhaupt geeignet ist.

4. Versorgungsspannungen – Wenn zwei identische Rechenzentren nebeneinander gebaut würden, eins mit einer Versorgungsspannung von 33 kV und ein anderes mit 132 kV, welches wäre dann insgesamt effizienter? Die Energieübertragung wird vom PUE-Wert nicht berücksichtigt (siehe Artikel auf Seite 2).
5. Ausfallsicherheit – Ein Tier-4-Rechenzentrum wird zweifellos einen schlechteren PUE-Wert als ein Tier-2-Rechenzentrum haben. Wenn der PUE-Wert als Kennzahl verwendet wird, sollte ein Like-for-Like-Vergleich vorgenommen werden.
6. Campus-, Mega-, oder Mini-Rechenzentrum? Ist ein kleines Rechenzentrum mit einem PUE-Wert von 1,3 nachhaltiger als ein großes Campus-Rechenzentrum mit einem PUE-Wert von 1,5? Die Effizienz muss maßstäblich und im Hinblick auf den gesamten Aufbau und Betrieb einer Anlage betrachtet werden. Ist eine Versorgung mit 100 x 1 MVA nachhaltiger als eine Versorgung mit 1 x 100 MVA?

## Schlussfolgerung

Alles in allem sind die PUE-Werte und die Diskussionen, die sie entfachen, eine gute Sache. Als Branche müssen wir bestrebt sein, ökologische und nachhaltige Verbesserungen zu erzielen, und jede Kennzahl hilft dabei, Klarheit in die Diskussion zu bringen. Ich hoffe jedoch, dass wir deutlich machen konnten, dass dies mit einigen Komplikationen einhergeht. Nur weil ein bestimmtes Rechenzentrum von sich behaupten kann, einen geringeren PUE-Wert zu haben als ein anderes, ist es dadurch nicht automatisch besser. Man muss etwas ins Detail gehen, aber haben Sie von diesem Artikel wirklich eine andere Antwort erwartet?

## Informationen über e-shelter

Hochverfügbare Rechenzentren bilden das Rückgrat für die digitale Ökonomie und das Internet. Seit 2000 plant, baut und betreibt e-shelter hochverfügbare Rechenzentren, deren Infrastruktur den höchsten Standard physischer Sicherheit und betrieblicher Ausfallsicherheit gewährleistet. Das Unternehmen betreibt insgesamt rund 90.000 m<sup>2</sup> Rechenzentrumsfläche an acht Standorten. Davon allein 60.000 m<sup>2</sup> Fläche an seinem Hauptstandort Frankfurt am Main, der damit Europas größter einzelner Rechenzentrumsstandort ist. Weitere Standorte befinden sich in Berlin, Frankfurt, Ham-

burg, München, Wien und Zürich. Zu den e-shelter Kunden zählen Finanzdienstleistungs- und Telekommunikationsunternehmen sowie IT- und Cloud-Service-Anbieter. Als Teil von NTT Communications Corporation bietet e-shelter Zugang zu 140 Rechenzentren weltweit.

Unser eigenes Sicherheitspersonal der e-shelter security gewährleistet den Schutz unserer Rechenzentren und entwickelt Sicherheitskonzepte nach individuellen Anforderungen.

Mit unserer weitreichenden Erfahrung im Betrieb von Rechenzentren sind wir schon heute ein gefragter Ansprechpartner, besonders wenn individuelle Lösungen für komplexe Projekte und hohe Leistungsdichten gefragt sind. Aufgrund der Größe unserer Datacenter bieten wir insbesondere für hybride IT Lösungen die erforderliche Flexibilität und direkten Zugang zu Cloud-Anbietern.



**Adam Tamburini**, B. Sc. (Hons.), MRICS, Head of International Development (e-shelter)

Über den Autor:

Adam erwarb einen staatlichen Abschluss als Kostenplanungsingenieur, bevor er sich 1999 auf das Projektmanagement für Rechenzentren spezialisierte. Er beriet Mieter bei ihrer Suche nach Rechenzentrumsfläche, Endnutzer bei der Abwicklung von Selbstbauten und jüngst auch Projektentwickler beim Erwerb bzw. Miete von Bauflächen. Bei e-shelter war Adam Tamburini zunächst in der Entwicklung tätig, heute ist er sehr stark im internationalen Vertrieb involviert.

© 2017 e-shelter services GmbH

Erste Auflage: 2012

Alle Rechte vorbehalten.

Dieser Tech Brief ist urheberrechtlich geschützt. Kein Teil dieser Publikation darf in irgendeiner Form ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung der e-shelter services GmbH kopiert, fotokopiert, reproduziert, übersetzt oder unter Verwendung elektronischer Hilfsmittel verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

[www.e-shelter.de](http://www.e-shelter.de)