

Schriftliche Ausführung zum Vortrag



Referent: Titus Schöbel titus.schoebel@gmail.com
Seminarleiter: Timo Minartz timo.minartz@wr.informatik.uni-hamburg.de

Inhaltsverzeichnis

1 Motivation	2
2 Power Usage Effectiveness (PUE).....	4
2.1 Allgemein.....	4
2.2 Grenzen	4
2.3 Ebenen.....	5
3 Messtechniken	6
3.1 Analoge Messtechniken	6
3.1.1 Drehspulmesswerk.....	6
3.1.2 Dreheisenmesswerk.....	7
3.1.3 Hitzdrahtmesswerk	7
3.2 Digitale Messtechnik	7
4 Strommessgeräte	8
4.1 Privater Haushalt.....	8
4.2 Rechenzentrum	8
4.2.1 Basis-PDU	9
4.2.2 Mess-PDU	9
4.2.3 Switch-PDU.....	10
4.2.4 Intelligente PDU	10
5 Wandel der Leistungsaufnahmemessung	11
6 Leistungsaufnahmemessung	12
6.1 PDU Ebene (Acer Computer GmbH).....	12
6.2 Komponenten Ebene (Projekt PowerPack)	12
7 Gebäudeleittechnik	14
8 Fazit	14

1 Motivation

Vor wenigen Jahren noch war die Höhe der Stromrechnung für die Erfolgsbemessung eines Rechenzentrums kaum von Bedeutung. Das hat sich aber maßgeblich geändert. Denn der Anteil des Stromverbrauchs an den IT-Kosten ist in 2006 von 5 auf teilweise über 20 Prozent angewachsen. Siehe Abbildung 1. Steigende Strompreise, eine stetig zunehmende Zahl an Servern, eine wachsende CPU Dichte pro Server und hohe Ansprüche an die Verfügbarkeit der IT werden dafür sorgen, dass sich dieser Trend fortsetzt. Marktforscher der Gartner Group gehen sogar davon aus, dass der Anteil der Energiekosten innerhalb der IT-Kosten langfristig auf 50 Prozent steigen wird. Entsprechend gewinnt das Thema wirtschaftlich zunehmend an Bedeutung.

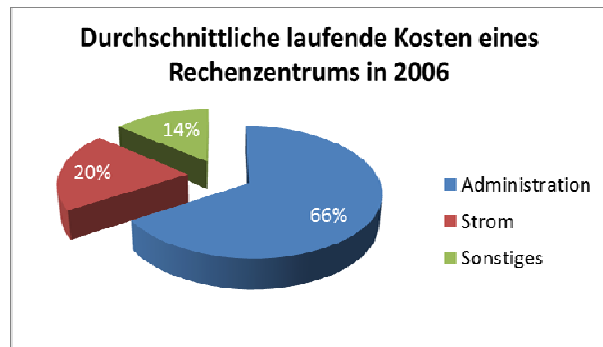


Abb.1

Innerhalb der letzten 15 Jahre sind die Kosten einer kWh stetig gestiegen. Lediglich im Jahr 2000 sind aufgrund der DOT-COM Blase die Stromkosten gesunken, da die Nachfrage abrupt zurückgegangen ist. Seit diesem Vorfall ist aber der Strompreis konstant gestiegen. Ab 2006 sind die Kosten einer kWh sogar noch stärker gewachsen. Ähnlich verhält es sich mit den Kosten einer kWh für den gewerblichen Strom. Die Kosten einer kWh Gewerbestrom betragen im Jahr 2000 noch circa 4Cent. Bis 2006 hat sich der Gewerbestrompreis verdoppelt. Sehr wahrscheinlich wird sich der Gewerbestrompreis in 2012 erneut nahezu verdoppelt haben. Also kann als erster Motivationsfaktor der steigende Strompreis genannt werden.

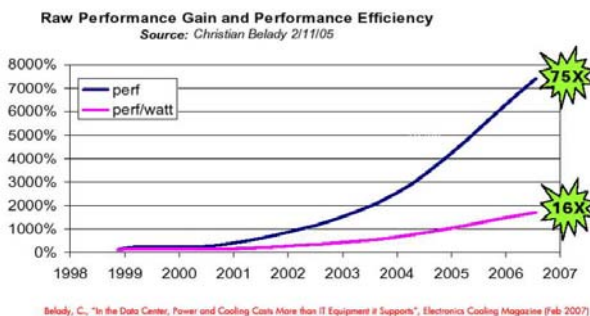


Abb.2

dass mittlerweile immer mehr CPUs in einem Server eingebaut werden. Somit steigt die Dichte an CPUs pro verbauten Server. Der dritte Faktor beschreibt das Verhältnis vom aufgebrauchten Energieaufwand zur bereitgestellten Leistung. Von 1999 bis 2007 hat sich die reine Performance der Server um das 75fache gesteigert. Im Gegensatz hat sich die Performance pro Watt nur um das 16fache gesteigert. Siehe Abbildung 2. Wenn sich die Performance pro Watt steigert, bedeutet dies, dass die Leistung mit

Nicht nur die Strompreise haben sich im Laufe der Zeit verändert, sondern auch die Nachfrage nach Strom der einzelnen Rechenzentren. Die wachsende Stromaufnahme der Rechenzentren ist besonders auf drei Faktoren zurückzuführen. Zum einen auf die ständig wachsende Leistung von CPUs, denn laut dem mooreschen Gesetz verdoppelt sich innerhalb von 24Monate die Taktrate von CPUs. Zum anderen wird dies durch den Effekt verstärkt,

weniger Energieaufwand bereitgestellt werden kann. Dieser Effekt wird durch Energiesparmechanismen in der CPU erzielt. Die Entwicklung dieser Energiesparmechanismen ist jedoch noch nicht so weit fortgeschritten, wie die Entwicklung der CPU Leistung. Folglich ist der steigende Stromverbrauch eines Rechenzentrums unabdingbar, da die Kühlleistung parallel zu der Rechenleistung zunimmt. Belegt wird dies durch die Vervierfachung des Stromverbrauchs von 1998 bis zu 2008 hin. Siehe Abbildung 3.

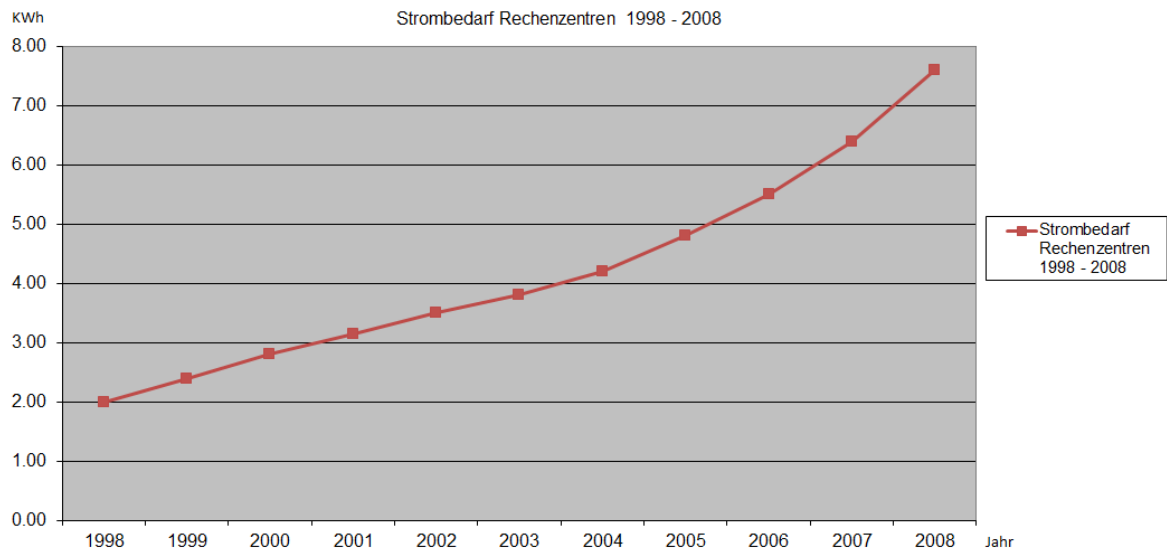


Abb.3

Die zwei ausschlaggebenden Faktoren steigende Stromkosten und steigender Strombedarf wirken wie ein Multiplikator der die Stromkosten in die Höhe treibt. Somit wird klar, dass die Prognose der international Data Corporation nicht unbegründet ist und die laufenden Stromkosten in einem Rechenzentrum in der Zukunft einen Anteil von 50 Prozent ausmachen könnten.

Die Motivation liegt nun darin, anhand von Leistungsmessgeräten die Stromaufnahme eines Rechenzentrums transparent zu machen und somit Ansätze zur Reduzierung der Stromaufnahme aufzudecken. Parallel kann durch die Leistungsaufnahmemessung, sofern die Stromaufnahme der IT-Hardware getrennt von der Stromaufnahme des gesamten Rechenzentrums gemessen wird, der PUE Wert berechnet werden. PUE steht für „Power Usage Effectiveness“ und ist eine Metrik zur Berechnung der Energieeffizienz eines Rechenzentrums.

2 Power Usage Effectiveness (PUE)

2.1 Allgemein

Die PUE ist eine Metrik zur Berechnung der Energieeffizienz eines Rechenzentrums. Sie wurde vom The Green Grid Konsortium eingeführt. Ziel dieser Berechnung ist es zu erkennen, wie effizient die Kühlung arbeitet. Im Mittelpunkt steht die Fragestellung, wie viel Watt an Kühlleistung wird benötigt um ein Watt Rechenleistung bereitzustellen. Zum Errechnen des PUE Wertes wird die gesamte Stromaufnahme des Rechenzentrums durch die Stromaufnahme der IT-Hardware dividiert. Das Ergebnis ist ein Wert größer eins, welcher aber möglichst klein sein sollte. Je kleiner der PUE Wert ist, desto energieeffizienter arbeitet ein Rechenzentrum. Beim Sinn des PUE Wertes wird davon ausgegangen, dass die Leistungsaufnahme der IT-Hardware als fest angenommen wird. Ziel des PUE Wertes ist es, die energieeffizienteste Kühlung der IT-Hardware zu erreichen und nicht die Stromaufnahme der IT-Hardware zu reduzieren. Diese Eigenschaft birgt große Probleme mit sich.

2.2 Grenzen

Die PUE Metrik hat ihre Grenzen. Jede energetische Optimierung im Bereich der IT-Hardware führt zu einer geringeren Stromaufnahme in diesem Messbereich. Dadurch verändert sich das Verhältnis vom gesamten Stromverbrauch des Rechenzentrums zum Stromverbrauch der IT-Hardware. Das Ergebnis ist ein höherer PUE Wert. Dadurch dass der Wert im Nenner kleiner ist, ergibt sich als Ergebnis ein größerer Wert. Ein größerer Wert bedeutet, dass mehr Kühlleistung für 1 Watt Rechenleistung benötigt wird. Daher sind Optimierungen wie das Virtualisieren von Server, oder das über Nacht ausschalten von nicht benötigten Servern für die Berechnung des PUE Wertes von Nachteil, da somit Strom auf Seiten der IT-Hardware eingespart wird. Erst wenn die Kühlleistung im gleichen Verhältnis entsprechend angepasst werden kann, ist diese Optimierung neutral in Bezug auf den PUE Wert. Ein weiteres Problem ist die Nutzung von Abwärme aus dem Rechenzentrum, die zum Heizen der Büroräume genutzt wird. Diese sinnvolle Nutzung der Abwärme kann nicht zum Vorteil des PUE Wertes mit einbezogen werden. Ebenfalls ist nicht klar definiert, wo im Rechenzentrum und vor allem in welchen Intervallen gemessen wird. Um diesen Problemen entgegen zu wirken wurden die PUE-Ebenen eingeführt.

2.3 Ebenen

Abb.4

	Ebene 1 Grundlegend	Ebene 2 Mittel	Ebene 3 Erweitert
Stromverbrauch der IT-Systeme gemessen an der/am:	USV	PDU	Server
Gesamtstromverbrauch des Rechenzentrums gemessen am:	Eingang der Stromversorgung im Rechenzentrum	Eingang der Stromversorgung im Rechenzentrum abzüglich der gemeinsam genutzten Klimatisierungs-/Lüftungs-/Heizungssysteme	Eingang der Stromversorgung im Rechenzentrum abzüglich der gemeinsam genutzten Klimatisierungs-/Lüftungs-/Heizungssysteme zzgl. aller Gebäude-, Beleuchtungs- und Sicherheitsanlagen
Kürzestes Messintervall	Monatlich/wöchentlich	Täglich	Ständig

Durch das Einführen der PUE Ebenen in Abbildung 4 ist es nun möglich, verschiedene Messgrundlagen zu definieren. Diese Messgrundlagen beschreiben auf drei Ebenen wo der Strom für die IT-Hardware und für das gesamte Rechenzentrum gemessen wird. Zusätzlich wird festgelegt, in welchen Intervallen gemessen werden soll. Durch die Differenzierung der PUE Metrik auf drei Ebenen, können Energiesparmechanismen wie beispielsweise die Nutzung der Abwärme

bei der Berechnung mit einbezogen werden. Am sinnvollsten ist die Messung auf der Ebene 2. Hier hält sich der Messaufwand in Grenzen und die Messgenauigkeit ist hoch. Die Anwendung der einzelnen Ebenen zum Messen bedarf auch einer entsprechend feingranularen Messung.

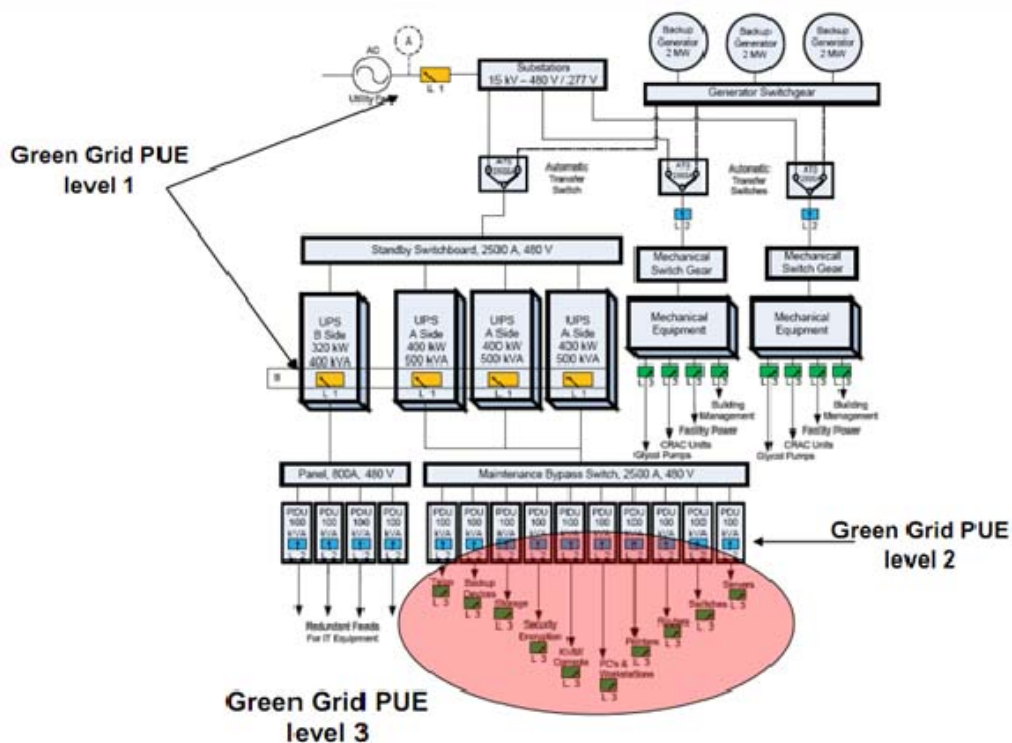


Abb.5

Über die PUE Ebenen kann ein Bezug zur Granularität der Messtechnik gezogen werden. Desto höher die Ebene, desto feingranularer wird gemessen (Siehe Abbildung 5). Bei der Ebene eins wird an der USV

gemessen. Die Ebene zwei misst entsprechend der Stromverbräuche der einzelnen PDUs auf PDU Ebene. Bei der letzten und dritten Ebene wird der Stromverbrauch der einzelnen Server gemessen. Also auf Server Ebene. Sehr gute PUE Werte wie die der GOOGLE Rechenzentren liegen zwischen 1,05 und 1,2. In der Regel sind Werte unter zwei sehr gut und über drei sehr schlecht.

3 Messtechniken

Eine Leistungsmessung kann analog oder digital erfolgen. Die analoge Messtechnik hat ihre Ursprünge im Jahr 1900. Analoge Messgeräte werden oft noch in Schulen eingesetzt, da diese günstiger und vor allem robuster sind. Bei der analogen Leistungsaufnahmemessung unterscheidet man drei Verfahren. Diese heißen Drehspulmesswerk, Dreheisenmesswerk und Hitzedrahtmesswerk. Die digitale Leistungsaufnahmemessung ist mit dem Computer Zeitalter entstanden und löst die analoge Messtechnik ab. Der Funktionsumfang ist oftmals identisch, jedoch unterscheiden sich die Messgeräte beim Ablesen der Messwerte. Bei analogen Messgeräten zeigt ein Zeiger auf einer Skala den Messwert. Hingegen bei den digitalen Messgeräten wird der Messwert von einem Display abgelesen. Aufgrund des Vorhandenseins eines Displays hat ein digitales Leistungsaufnahmemessgerät eine höhere Eigenstromaufnahme.

3.1 Analoge Messtechniken

3.1.1 Drehspulmesswerk

Ein Drehspulmesswerk (Siehe Abbildung 6.) ist bei elektromechanischen Messgeräten die bevorzugte Messtechnik zur Messung der Stromaufnahme. Es hat einen geringen Eigenstromverbrauch und ist weniger stöempfindlich. Bei höheren Strömen muss ein Widerstand parallel in den Stromkreis geschaltet werden.



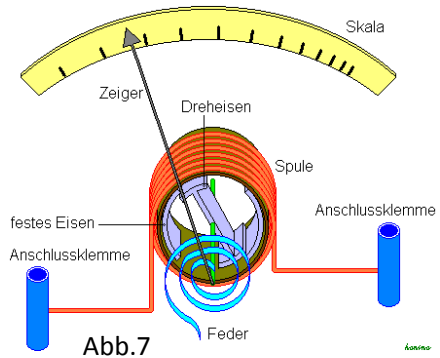
Abb.6

Wird über die Anschlussklemmen und die Federn bzw. Spannbänder Strom durch die Spule geleitet, so wirkt auf die im Luftspalt befindlichen Leiter der Spule die Lorentzkraft. Die Lorentzkraft ist die Kraft, die ein elektromagnetisches Feld auf eine elektrische Ladung ausübt. Dadurch dreht sich der Spulenkörper im Feld des Magneten gegen die Kraft der Federn, bis das Drehmoment aus der Lorentzkraft gleich dem Drehmoment aus der winkelabhängigen Rückstellkraft der Spiralfedern ist. In dieser Stellung bleibt die Spule stehen und der an ihr befindliche Zeiger gibt auf einer Skala den entsprechenden Wert der Stromstärke an. Nach Abschalten des Stroms stellen die Federn den Zeiger wieder in die Nullstellung zurück.

3.1.2 Dreheisenmesswerk

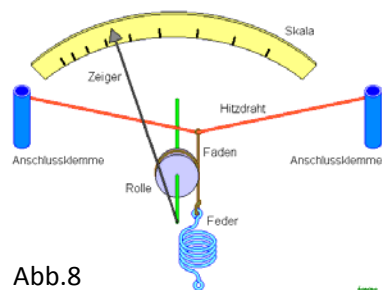
Ein Dreheisenmesswerk (Siehe Abbildung 7.) hat den Nachteil, dass konstruktionsbedingt Ströme unter 20mA nicht gemessen werden können.

Innerhalb einer Spule befindet sich ein fest stehender Eisenkern und ein an der Zeigerachse befestigter und mit ihr beweglicher Eisenkern. Dieser Eisenkern wird auch Dreheisen genannt. Fließt Strom durch die Spule, so werden beide Eisen gleichmäßig magnetisiert und stoßen sich daher ab. Hierdurch dreht sich der bewegliche Eisenkern vom festen weg und bringt den Zeiger zum Ausschlag. Hierbei wird eine Feder gespannt, bis die Federkraft gleich der magnetischen Reluktanzkraft ist. Die Reluktanzkraft Reluktanzkraft entsteht aufgrund der Änderung des magnetischen Widerstands. Nach Abschalten des Stroms stellt die Feder den Zeiger wieder in die Nullstellung zurück.



3.1.3 Hitzdrahtmesswerk

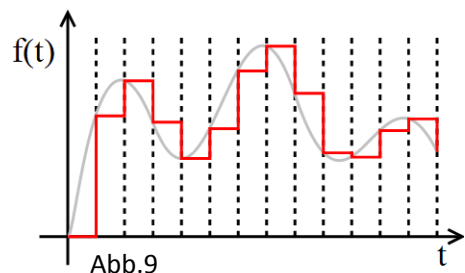
Hitzdrahtmesswerke (Siehe Abbildung 8.) werden seit Jahrzehnten nicht mehr hergestellt. Für kleine Stromstärken eignet es sich jedoch nicht, weil hier die Erwärmung zu gering ist.



Der zu messende Strom fließt durch einen Hitzdraht, der sich beim Stromdurchgang erwärmt. Hierdurch dehnt dieser Draht sich aus. Ein am Draht befestigter Faden wird entsprechend der Dehnung von einer Feder über eine Rolle gezogen, die auf der Zeigerachse sitzt. Die Drehung der Rolle bringt daher den Zeiger zum Ausschlag. Nach Abschalten des Stroms kühlt sich der Draht wieder ab und zieht den Zeiger in die Nullstellung zurück.

3.2 Digitale Messtechnik

Die digitale Messtechnik ist der Nachfolger der analogen Messtechnik und löst diese weitestgehend ab. Nur in einzelnen Bereichen wird noch die analoge Messtechnik genutzt. Ein digitales Messgerät eignet sich sehr gut zum messen niedriger Spannungen bis zu 200mV. Bei der digitalen Messtechnik werden die Messwerte nur stufenweise auf dem digitalen



Display ausgegeben. Dies liegt an der Umwandlung des analogen Signals zum digitalen Signal. Siehe Abbildung 9. Der Analog-Digital-Wandler kurz ADU quantisiert (Überführung eines stufenlosen Wertevorrates in einen gestuften Wertevorrat) hierfür ein kontinuierliches Eingangssignal, z. B. die elektrische Spannung, sowohl in der Zeit als auch in der Signalhöhe. Jedes Signal stellt sich dadurch nach der Umsetzung in einem Signal-Zeit-Diagramm in einer Punktfolge mit gestuften horizontalen und vertikalen Abständen dar. Je nach Messgerät ist findet diese Umwandlung in unterschiedlicher Abstufung statt. Sehr genaue Messgeräte haben eine Abstufung von 0,1 Watt. Andere wiederum haben eine Abstufung von 1Watt und sind damit ungenau.

4 Strommessgeräte

4.1 Privater Haushalt

Strommessgeräte im privaten Haushalt geben nur eine Momentaufnahme des Stromverbrauchs an. Sie dienen nicht zur dauerhaften Messung des Stromverbrauches. Die Mehrheit dieser Messgeräte haben auch keine Speicherfunktion, so dass beim abtrennen des Stromsteckers die Messergebnisse verloren gehen. Die Messgeräte im privaten Haushalt besitzen in der Regel auch nur einen Schukoanschluss. In seltenen Fällen haben diese Messgeräte die Möglichkeit durch Eingabe der Kosten einer kwh die Stromkosten zu berechnen.

Wichtige Eigenschaften				
Eigenschaften	Wertebereich		Besser	
			niedriger	Höher
Anzeigengenauigkeit	0,1 Watt	1 Watt	x	
Eigenverbrauch	0,4 Watt	1,6 Watt	x	
Untere Leistungsmessgrenze	1 Watt	10 Watt	x	
Maximale Strombelastbarkeit	13 Ampere	16 Ampere		X
Kostenfaktor	9 €	25 €	x	

4.2 Rechenzentrum

In Rechenzentren werden zur Strommessung überwiegend Power Distribution Units kurz PDUs eingesetzt. Siehe Abbildung 10 für eine beispielhafte PDU. Diese PDUs sind im Grunde lediglich Stromverteiler, die aber oftmals mit einer Funktion zum Messen der Stromaufnahme



Abb.10

ausgestattet sind. Sie sind in dem Sinne also keine reinen Messgeräte, sondern nur mit einer Messfunktion ausgestattet. Je nach Bauart kann eine PDU die Stromaufnahme der gesamten PDU, oder gar jedes einzelnen Kaltgerätesteckers ausgeben. Die meisten PDUs haben mindestens einen seriellen Ausgang um die PDU zu konfigurieren oder Daten auszulesen. Man unterteilt PDUs in viel Grundtypen. Diese heißen wie folgt Basis-, Mess-, Switch- und Intelligente PDU.

4.2.1 Basis-PDU

Der Funktionsumfang einer Basis-PDU ähnelt der einer qualitativ hochwertigen Mehrfachsteckdose. Sie haben in der Regel einen Überspannungsschutz und sind so konstruiert, dass sie sich leicht in einem Serverrack einbauen lassen. Die Kosten einer Basis-PDU belaufen sich auf circa 150€.

Basis-PDU	
Vorteile	Nachteile
Einfach strukturiert	Geringer Ausstattungsgrad
Preisgünstig	
Bewährte Technologie	

4.2.2 Mess-PDU

Die Mess-PDU hat die Möglichkeit nicht nur wie die Basis-PDU als Stromverteiler zu fungieren, sondern kann auch die Stromaufnahme der gesamten PDU messen. Mess-PDUs haben mindestens eine serielle Schnittstelle über die mittels des Command Line Interface kurz CLI die PDU konfiguriert und Messwerte ausgelesen werden können. Bei umfangreicheren Mess-PDUs ist nicht nur ein CLI vorhanden, sondern auch ein grafisches Webinterface. Die Kosten für solch eine PDU belaufen sich auf circa 340€.

Mess-PDU	
Vorteile	Nachteile
Echtzeitüberwachung des aktuellen Stromverbrauchs auf PDU-Ebene	Die meisten Modelle stellen diese Informationen nur lokal bereit
Warnungen vor Stromkreisüberlastungen	
Teilweise integrierte Fernwartung	

4.2.3 Switch-PDU

Die Switch-PDU besitzt die Eigenschaften der Mess-PDU. Die einzelnen Kaltgeräteanschlüsse auf der PDU können per Webinterface aktiviert und deaktiviert werden. Zusätzlich lässt sich eine Verzögerung beim anschalten der Kaltgeräteanschlüsse festlegen. Dieses Feature führt dazu, dass bei einem eventuellen Stromausfall nach Wiederherstellung des Stromes die Server nicht gleichzeitig hochfahren und somit einer Überlastung verhindert wird. Die Switch-PDU ermöglicht es, die Server in einem Rechenzentrum remote von überall herunterzufahren, neustarten und hochfahren zulassen. Die Kosten für solch eine PDU belaufen sich auf circa 480€.

Switch-PDU	
Vorteile	Nachteile
Funktionen zum Ein- und Ausschalten von Geräten per Fernzugriff	Keine Möglichkeit zur Überwachung der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit
Vorgabe einer Einschaltreihenfolge und -verzögerung für die einzelnen Geräte	Die bereitgestellten Informationen und unterstützten Funktionen sind begrenzt

4.2.4 Intelligente PDU

Die Intelligente PDU besitzt die Eigenschaften der Switch-PDU. Die Stromverbräuche können pro Kaltgeräteanschluss gemessen werden. Es lässt sich also ablesen, wie viel Strom ein einzelner Server verbraucht. Des Weiteren lässt sich die Intelligente PDU an eine Active Directory einbinden. So kann sich ein Administrator mit seinem Windowslogin auf der PDU anmelden. Die Intelligente PDU kann per SNMP (Simple Network Monitoring Protocol) Traps senden. Die Traps sind sozusagen Nachrichten die vom jeweiligen Gerät versendet werden. Diese Nachrichten geben Auskunft über Probleme oder Grenzwertüberschreitungen. Ein vorkonfigurierter Server empfängt diese Nachrichten und leitet sie per Email weiter. Die Kosten für solch eine PDU belaufen sich auf circa 1090€.

Intelligente PDU	
Vorteile	Nachteile
Verwaltung per Fernzugriff über einen Internetbrowser oder eine Befehlszeilenschnittstelle (CLI)	Höhere Kosten im Vergleich zu Basis- und Mess-PDUs aufgrund ihrer erheblich umfangreicheren technischen Ausstattung.
Voller Funktionsumfang der anderen PDU Typen	
Erweiterte Sicherheit	
Umfangreiche Anpassungsmöglichkeiten	

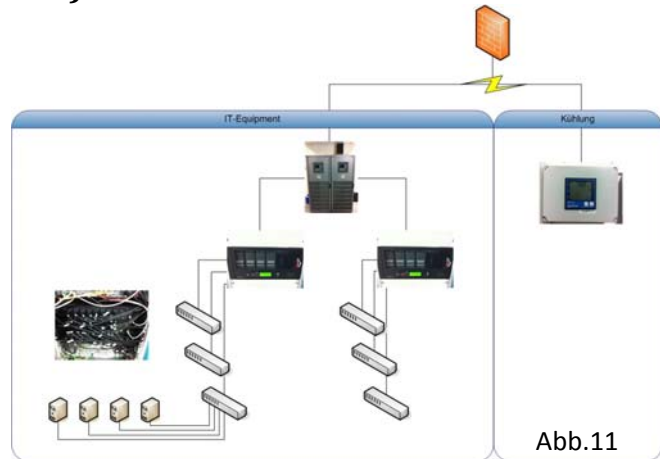
5 Wandel der Leistungsaufnahmemessung

Im Laufe der Jahrzehnte haben sich nicht nur die Messgeräte weiter entwickelt, sondern auch die Art und Weise wie und wo man misst. In den Anfängen der Rechenzentren war es ausreichend zu wissen, wie viel Strom das gesamte Rechenzentrum verbraucht. Mitinbegriffen natürlich nicht nur die Hardware, sondern auch die Kühlung. Seit aber die Strompreise und Stromverbräuche gestiegen sind, ist das Interesse am Stromverbrauch in Rechenzentren gestiegen. So wird nicht mehr nur der gesamte Stromverbrauch eines Rechenzentrums gemessen, sondern die Hardware und die Kühlung jeweils für sich. Dieses Vorgehen wird als messen der Stromaufnahme auf USV Ebene bezeichnet. So kann man aufschlüsseln wie viel Strom für die Kühlung der Hardware und wie viel für die IT-Hardware gebraucht wird. Anhand dieser Messungen, die die Stromverbräuche jeweils für die IT-Hardware und für die Kühlung sichtbar machen, kann der Anteil der Stromverbräuche der Hardware am gesamten Stromverbrauch berechnet werden. Diese Möglichkeit führte zur Einführung des PUE Wertes. Die PUE ist eine Metrik anhand welcher sich die Effektivität von Rechenzentren berechnen lässt. Zur Berechnung wird der Gesamtstromverbrauch durch den Stromverbrauch der Hardware geteilt. Je näher dieser Wert bei eins liegt, desto Energieeffizienter ist das Rechenzentrum und desto geringer ist der Anteil an Stromkosten für die Kühlung. Im Zuge dieser Erkenntnisse wurde begonnen die Rechenzentren so zu gestalten, dass die Stromaufnahme für die Kühlung möglichst gering ist. Als Beispiel ist die Entwicklung von Warm- und Kaltgängen in Rechenzentren zu nennen. Durch die Einführung dieser Technik ist es möglich Stromkosten bei der Kühlung einzusparen. Um auf Seiten der IT-Hardware ebenfalls Einsparungen zu erreichen, werden PDUs mit einer Strommessfunktion eingesetzt. Diese intelligenten PDUs können die Stromaufnahme messen. Hier wird nach der Granularität der Messung unterteilt. Die Messung des gesamten Stromverbrauchs einer PDU wird als Messung auf PDU Ebene bezeichnet. Beim Messen der Stromaufnahme einzelner Kaltgeräteanschlüsse handelt es sich um eine Messung auf Server Ebene. Bei Messungen auf Server Ebene können Konsolidierungs- oder Virtualisierungsansätze eingeführt werden. Bis heute hat sich die Messgenauigkeit sehr stark weiterentwickelt. Nur zu wissen wie viel Strom ein einzelner Server verbraucht, reicht in einigen Bereichen nicht aus. Daher wurde begonnen die Stromaufnahme der einzelnen Komponenten eines Servers zu messen. Dies ermöglicht eine genaue Feststellung, welches Bauteil wie viel Strom bei Last, Ruhe oder bestimmter Software benötigt.

6 Leistungsaufnahmemessung

6.1 PDU Ebene (Acer Computer GmbH)

Bei der Acer Computer GmbH wurde Anfang des Jahres das komplette USV System im Serverraum erneuert. (Siehe Abbildung 11 für den Aufbau.) Im Zuge dessen wurde bei der Auswahl des Herstellers und der Hardware ein großer Fokus auf die Messbarkeit der Stromaufnahme gelegt. Verwendet wurde schließlich Hardware von der Marke APC, die es ermöglicht, die gesamte Stromaufnahme des IT-Equipments zu messen. Zum IT-



Equipment gehören die Server, Router, Switches, etc. Es wurden anstatt, wie in der Vergangenheit sonst üblich, dezentrale USVen zu nutzen, zwei große zentrale USVen errichtet. Über die beiden zentralen USVen lässt sich ablesen wie viel Strom das gesamte IT-Equipment im Serverraum benötigt. An den zentralen USVen sind Verteiler angeschlossen die im Serverrack untergebracht sind. Von diesen Verteilern beziehen die einzelnen PDUs ihrem Strom. Bei den eingesetzten PDUs handelt es sich um Switch-PDUs. Über die Switch-PDUs ist die entsprechend IT-Hardware angeschlossen. Die Kühlung besitzt einen eigenen Stromkreis. In diesem Stromkreis ist ein Janitza Strommessgerät angeschlossen, welches die aktuelle Stromaufnahme und den Gesamtverbrauch ausgibt.

6.2 Komponenten Ebene (Projekt PowerPack)

In diesem Projekt geht es um die Messbarkeit der Stromaufnahme der einzelnen Komponenten eines Servers. Das Ziel ist es zu erkennen, welche Komponenten bei welchen Algorithmen oder Prozessen wie viel Strom aufnehmen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich auf einer weiteren Ebene die Stromaufnahme verringern. Anhand dieser sehr feingranularen Messbereiche der einzelnen Hardwarekomponenten eines Servers, lassen sich einzelne Algorithmen in Bezug auf den Stromverbrauch optimieren. Aufgrund dieser Erkenntnisse kann bei der Ausführung eines Algorithmus beispielsweise die Geschwindigkeit der CPU reduziert werden. Wird an bestimmten Stellen des Algorithmus weniger CPU Rechenleistung benötigt und werden Stattdessen beispielsweise überwiegend Daten auf die Festplatte geschrieben, dann kann die CPU Leistung den Anforderungen der Algorithmen angepasst werden. Somit lässt sich beispielsweise die Stromaufnahme bei der Berechnung des Algorithmus verringern, ohne dabei große Einbußen bei der Geschwindigkeit der Berechnung zu erleiden. Durch die gestiegene Messgenauigkeit in den Rechenzentren, wurden immer mehr Methoden

zur Reduzierung der Stromaufnahme auf verschiedenen Ebenen eines Rechenzentrums entwickelt. Dies wiederum belegt auch die Motivation der Leistungsaufnahmemessung.

Zum messen des Stromverbrauches des Netzteils wurde ein WattsUp Meter verwendet. Das WattsUp Meter ähnelt im Aufbau der Messgeräte aus dem privaten Haushalt. Es hat jedoch den Vorteil, dass über eine Anbindung zum PC die Messergebnisse direkt in eine Software ausgelesen werden können. Um aber die Stromaufnahme von CPU, Arbeitsspeicher, Mainboard, CPU Fan und Festplatte auslesen zu können muss ein umfangreicheres NI Meter verwendet werden. Das NI Meter ist modular aufgebaut und kann mit verschiedenen Modulen bestückt werden.

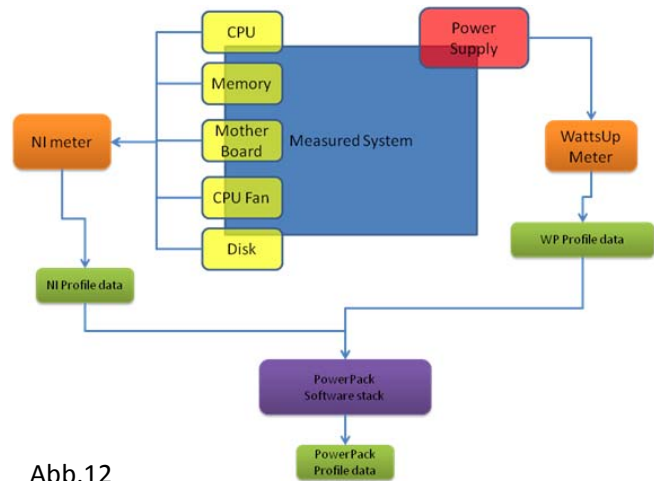


Abb.12

Durch diesen modularen Aufbau ist es möglich über die Anwendung verschiedenster Messtechniken den Stromverbrauch der einzelnen Komponenten zu ermitteln. Das NI Meter besitzt einen Netzwerkausgang über den es mit einem separaten PC verbunden ist. Anhand einer speziellen Software werden auch hier die Messwerte ausgelesen und Reports generiert. Bei der Messung der Server Komponenten, ausgenommen dem Netzteil, ist es schwierig die Stromaufnahme zu messen. Zuvor muss ermittelt werden, für welche Komponenten wo zum Strommessen angesetzt werden muss. Hierfür fordert es sehr viel Geschick und Geduld. Ist die Belegung der Pins eindeutig, kann die Stromaufnahme der Komponente gemessen werden. (Siehe Abbildung 12 für die Skizzierung des Aufbaus.) Im Projekt PowerPack wurden Tests im Leerlauf(idle), bei einer CPU intensiven Anwendung(164.gzip), einer arbeitsspeicherintensiven Anwendung(171.swim) und bei einem festplattenintensiven Kopiervorgang(„cp“ Befehl unter Linux) zur Stromaufnahme ausgeführt.

Anhand der Ergebnisse in Abbildung 13 wird sichtbar, je feingranular gemessen wird, desto transparenter sind die Stromverbräuche der einzelnen Komponenten. Mit dem Ergebnis, dass die optimierten Algorithmen weniger Strom bei gleicher oder fast gleicher Effizienz verzehren.

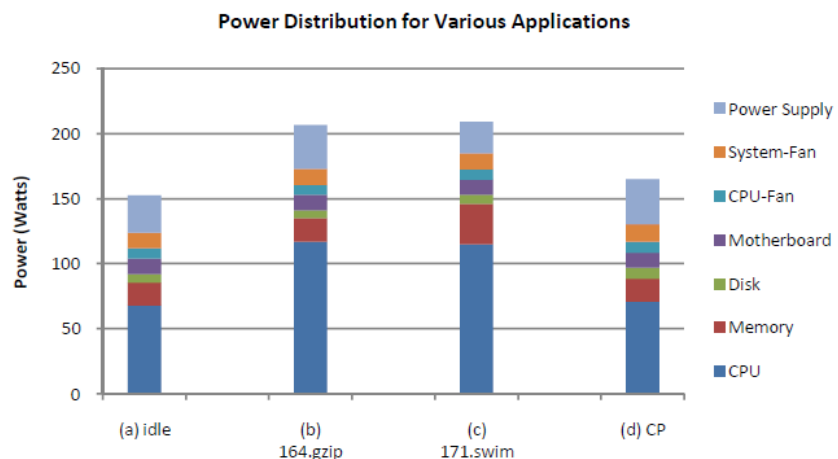
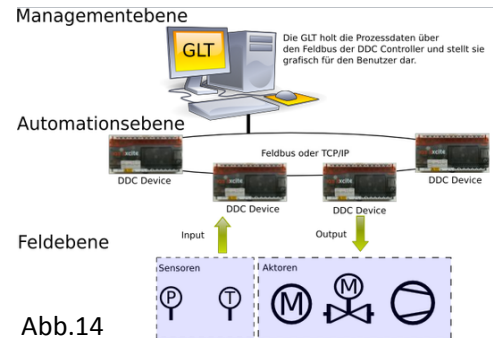


Abb.13

7 Gebäudeleittechnik

Die Gebäudeleittechnik kurz GLT ist Bestandteil der Gebäudeautomatisierung, welche auf drei Ebenen stattfindet (Siehe Abbildung 14). Die GLT ist auf der Managementebene angesiedelt. Im weiteren Sinne ist die GLT die technische Automatisierungstechnik welche das Steuern und überwachen der Sensoren ermöglicht. Im engeren Sinne wird unter der GLT die Software zur Überwachung und Steuerung der gesamten im Gebäude verbauten Systeme und Sensoren verstanden. Die GLT Software dient der Visualisierung der technischen Vorgänge innerhalb des Gebäudes. Sie sammelt die Daten der Regler oder DDC-Unterstationen (Direct Digital Control) im Gebäude auf der Feldebene und bildet die Daten in einer dem Nutzer verständlichen Art und Weise graphisch ab. Der Einsatzort einer ausgeklügelten GLT könnte beispielsweise ein Supermarkt sein. Somit können zu gewissen Uhrzeiten die Lichter ausgeschaltet oder gedimmt werden. Ebenso kann im Winter zur Kühlung Frischluft zugeführt werden um Stromkosten bei der Kühlung zu reduzieren. Insgesamt lässt sich durch den Einsatz der GLT die Stromaufnahme um bis zu 25% verringern.



8 Fazit

Eine Separate Messung von Kühlung und IT-Hardware ist grundlegend wichtig. Erst diese Messung macht es möglich zu erkennen, wie Energieeffizient ein Rechenzentrum arbeitet. Aufgrund der somit gewonnen Erkenntnisse kann festgestellt werden, ob Optimierungsansätze notwendig sind oder nicht. Ebenso liefert es eine transparentere Kostenkontrolle. Es ist hier also ein enormes Einsparungspotenzial im Bereich der Stromkosten und des CO₂ vorhanden. Grundlegend kann man sagen, je feingranularer man misst, desto mehr Optimierungsmöglichkeiten können erkannt werden. Aber feingranulares messen bedeutet auch sich auf hohe Kosten durch die Hardware und den Zeitaufwand einzustellen. Es ist also sinnvoll einen gesunden Messweg zu finden. Bei Rechenzentren größerer IT Firmen hat die Leistungsaufnahmemessung schon sehr große Anwendung gefunden. Dies belegen niedrigste PUE Werte. Hingegen bei kleinen Rechenzentren oder einzelnen Serverräumen, wo die Einsparungspotenziale, oder die Notwendigkeiten nicht gegeben sind, stößt die Leistungsaufnahmemessung auf keine große Anwendung. Jedoch macht auch Kleinvieh Mist.

Quellen

Abbildungen

Abb.1: International Data Corporation (IDC) 2006

Abb.2: Electronics Cooling Magazine 2007

Abb.3: Electronics Cooling Magazine 2007

Abb.4: <http://www.raritan-ap.com/resources/the-basics/power-management/power-usage-effectiveness/>

Abb.5: <http://www.raritan-ap.com/resources/the-basics/power-management/power-usage-effectiveness/>

Abb.6: <http://de.wikipedia.org/wiki/Drehspulmesswerk>

Abb.7: <http://de.wikipedia.org/wiki/Dreheisenmesswerk>

Abb.8: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hitzdrahtmesswerk>

Abb.9: <http://de.wikipedia.org/wiki/Digitalmultimeter>

Abb.10: www.apc.com

Abb.11: Eigenkreation

Abb.12: <http://scape.cs.vt.edu/wp-content/uploads/2011/05/pp2.png>

Abb.13: <http://scape.cs.vt.edu/software/powerpack-2-0/>

Abb.14: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gebaeudeleittechnik>

Inhalt

<http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=leistungsaufnahme%20messung%20rechenzentren&source=web&cd=1&ved=0CDsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.computerwoche.de%2Fhardware%2Fdata-center-server%2F1899793%2Findex3.html&ei=AIPeTs-hJoYOvrH6awJ&usg=AFQjCNF2YMK-W7kJuZ0kAPQitYpMHCuP6w&sig2=T1cj6cfyCcgEXUFcBfGvMA>

<http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=leistungsaufnahme%20messung%20rechenzentren&source=web&cd=2&ved=0CEIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.computerwoche.de%2Fhardware%2Fdata-center-server%2F1852181%2F&ei=AIPeTs-hJoYOvrH6awJ&usg=AFQjCNFwVDu272ungnqks6D7CswAyg3BQ&sig2=7L541t-jsUnBhpEM-KOmtw>

<http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=leistungsaufnahme%20messung%20rechenzentren&source=web&cd=4&ved=0CFIQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.searchdatacenter.de%2Fthemenbereiche%2Fphysikalisches-umfeld%2Fenergieversorgung%2Farticles%2F156766%2F&ei=AIPeTs-hJoYOvrH6awJ&usg=AFQjCNEahndMJ-I56uojNqgrvDbAVOkQwA&sig2=aXRYQRANBjxSn0POy5liYg>

<http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=leistungsaufnahme%20messung%20rechenzentren&source=web&cd=5&ved=0CFwQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.searchdatacenter.de%2Fthemenbereiche%2Fphysikalisches-umfeld%2Fenergieversorgung%2Farticles%2F160813%2F&ei=AIPeTs-hJoYOvrH6awJ&usg=AFQjCNHnYZBjZgWejvmaZqcDyuvKG63xaA&sig2=nYqInxiBs0cXBnJFZMBDwg>

http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=leistungsaufnahme%20messung%20rechenzentren&source=web&cd=6&ved=0CGYQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.cio.de%2Fknowledgecenter%2Fserver%2F2291532%2F&ei=AIPeTs-hJoYOvrH6awJ&usg=AFQjCNHcOQC255eWUjhB4KGeCml5ycvF5w&sig2=drntL_jMDUskxdH72IRd0A

http://www.rittal.de/downloads/rimatrix5/power/WhitePaper_Infrastruktur_EERZ.pdf

<http://de.wikipedia.org/wiki/Leistungsmesser>

http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeffizienz_im_Rechenzentrum_Band_2.pdf
<http://www.energiekosten-unternehmen.de/messgroessen-stromverbrauch.php>
<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0201114.htm>
<http://searchdatacenter.techtargt.com/definition/power-usage-effectiveness-PUE>
<http://www.xing.com/net/greenit/grune-evaluierung-und-optimierung-von-it-infrastrukturen-105456/irrunen-und-wirrunen-um-die-pue-oder-was-ist-hier-eigentlich-effizient-30052194/>
<http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/Rechenzentren-sollen-weniger-Strom-verbrauchen/54071/2>
<http://www.searchdatacenter.de/themenbereiche/physikalisches-umfeld/design-und-umgebung/articles/325173/>
http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeinsparpotenziale_von_Rechenzentren_in_Deutschland.pdf
<http://www.cio.de/dynamicit/898130/>
<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/power-usage-effectivness-PUE.html>
<http://www.raritan.de/informationen/grundlagen/grundlagen-rack-pdu/>
<https://www.bicsi.org/pdf/presentations/northeast10/BICSI%20CT%20presentation%20-%20BICSI%20template.pdf>