

DataCenter 2020 – Erste Ergebnisse für die energetische Optimierung von bestehenden Rechenzentren

Juli 2010

Powered by

· · T · · Systems ·



DataCenter 2020 – Erste Ergebnisse für die energetische Optimierung von bestehenden Rechenzentren

Einleitung

Umweltverträgliche und nachhaltige IT ist angesichts des Klimawandels und ökologischer Herausforderungen ein zentrales Thema. Das weltweite IT-Equipment ist den Marktforschern von Gartner zufolge für zwei Prozent der gesamten CO₂-Emissionen verantwortlich. Das entspricht in etwa der Kohlendioxidmenge, die durch den Luftverkehr erzeugt wird. Da zudem die Energiekosten weiter steigen, haben immer mehr Unternehmen einen schonenden Umgang mit ihren IT-Ressourcen im Blick und gestalten ihre IT-Infrastruktur so umweltverträglich wie möglich („grün“). Ziel ist es, Energieressourcen effizienter einzusetzen sowie den CO₂ Ausstoß zu reduzieren. Ein Hauptaugenmerk liegt auf dem Erreichen maximaler Energieeffizienz – also einer Optimierung verbrauchter Energie je Leistungseinheit.

Der Energieverbrauch von Rechenzentren lässt sich mit teilweise einfach zu bewerkstellenden Verfahren reduzieren.

Die IT-Verantwortlichen in Unternehmen und Rechenzentren stehen dabei vor großen Herausforderungen. Zum einen wachsen die Zahl der IT-Anwendungen und die zu speichernde Datenmenge rasant. Dies erfordert höhere Rechenleistung und damit mehr Serverhardware. Neben den Stromkosten für den Betrieb fallen zudem die Ausgaben für die Kühlung an. Nach Angaben des Analystenhauses IDC kommen auf jeden Dollar, den der CIO für einen neuen Server ausgibt, nochmals 50 Cent für Stromversorgung und Kühlung.

Wichtigster Hebel gegen den hohen Stromverbrauch und für eine bessere Klimabilanz der Rechenzentren ist eine höhere Energieeffizienz. Natürlich beschränkt sich der ökologische Einsatz von IT nicht einzig und allein auf den geringeren Stromverbrauch. Die Energieeffizienz spielt jedoch eine wichtige Rolle und ist die Grundvoraussetzung schlechthin für ein umweltfreundliches Rechenzentrum. Die Frage lautet: Wie lässt sich die bestehende Infrastruktur (Kühlung, Strom, Platz etc.) am effizientesten mit neuester Technik nutzen beziehungsweise das bestmögliche Verhältnis von Ressourcenverbrauch zu benötigter Leistung erzielen?

Genau darum geht es bei der Technologie-Partnerschaft von Intel und T-Systems im Rahmen des DataCenter 2020-Projekts. Gemeinsam arbeiten beide Unternehmen an Lösungen zur Industrialisierung und Automatisierung von ICT-Services mit dem Ziel, diese mit maximaler Effizienz und Wirtschaftlichkeit marktreif zu machen. Schwerpunkt der Kooperation rund um das Thema Energieeffizienz ist ein Testlabor im Münchner Euro-Industriepark. Ziel des Labors von Intel und T-Systems ist es, Messwerte zu ermitteln, mit deren Hilfe man im ersten Schritt bestehende Rechenzentren optimieren und energieeffizienter machen kann. Zudem geht es darum, mit diesen Erkenntnissen ein Modell für das Rechenzentrum der Zukunft umzusetzen.



Partnerschaft zwischen Intel und T-Systems

Die Technologie-Partnerschaft zwischen Intel und T-Systems dreht sich im Kern um essenzielle Fragen des Einsatzes von Technologie heute und in naher Zukunft. Gemeinsam wollen die beiden Unternehmen zukunftsweisende ITK-Lösungen entwickeln, die energieeffizient arbeiten, Kosten einsparen und den Weg für neue ITK-Services bereiten. Um das Innovationstempo in der gesamten IT-Industrie zu beschleunigen, machen Intel und T-Systems die Ergebnisse ihrer Kooperation und entsprechende Handlungsempfehlungen der Öffentlichkeit zugänglich.

Im Fokus der Partnerschaft steht das DataCenter 2020 zur Optimierung bestehender Rechenzentren und zur gemeinsamen Arbeit Forschung am Rechenzentrum der Zukunft. Die Zusammenarbeit von Intel und T-Systems ermöglicht hier neue Kenntnisse und Methoden im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung (End-to-End). Die beiden Partner legen dabei großen Wert auf deren Umsetzbarkeit und den Einsatz in der Praxis, da bereits in bestehenden Rechenzentren ein gewaltiges Energiesparpotenzial schlummert. Verfahren wie die Anordnung von Racks etwa in Warmgang/Kaltgang oder Einhausungskonzepte sind heute bereits Standard, lassen sich aber noch deutlich verbessern. Intel und T-Systems entwickeln somit im DataCenter 2020 einen realistischen Fahrplan, wie sich die Energieeffizienz von Rechenzentren erheblich steigern lässt.

Dieses Whitepaper beschreibt die Experimentalumgebung des DataCenter 2020 und stellt die ersten Forschungsergebnisse aus dem Testlabor für die energetische Optimierung von bestehenden Rechenzentren vor. Im Wesentlichen haben die Experten von Intel und T-Systems bislang an zwei Stellschrauben gedreht: Durch die strikte Trennung von Kalt- und Warmluft konnten sie die Lüfterdrehzahl der Umluftkühlgeräte senken; und mit der Anhebung der Raumtemperatur gelang es ihnen, den Zeitraum für die freie Kühlung, die über die Außentemperatur erfolgt, zu verlängern.

DataCenter 2020 – das Testlabor im Euroindustriepark München

Das Testlabor ist mit ca. 180 Servern in Racks sowie neuester Energie-, Klima-, Mess- und Regeltechnik ausgestattet. Über rund 1800 Datenpunkte werden Werte wie Luftfeuchtigkeit, Raumtemperatur, Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Abluft, Prozessor-Last oder Lüfter-Drehzahl erfasst. Wichtigstes Instrument dabei ist der Stromzähler. Im Doppelboden befindet sich zudem ein Rauchgenerator, der Luftströmungen visualisiert. Mit dem erzeugten Rauch werden die Strömungsrichtung der Luft und deren Geschwindigkeit sichtbar; zugleich erkennen die Ingenieure dadurch so genannte Strömungskurzschlüsse, d.h. entdecken undichte Stellen (Leckageluft) und Orte, an denen Luftbewegung auf gar keinen Fall auftreten dürfen.

Die Luftführung spielt im Rechenzentrum eine wesentliche Rolle für die Klimatisierung. Die Ingenieure führen dabei verschiedene Tests durch, etwa mit der Kaltgangeinhausung. Hier führt das Umluftkühlgerät über den Doppelboden gezielt kalte Luft zur Kühlung der Server zu, die kalte Luft wird dabei strikt von der warmen Luft getrennt. Je nach eingestellter Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und CPU-Last optimieren die Tester dann Parameter wie Kaltwasserzufuhr oder Drehzahl der Ventilatoren. Neben der Kaltgangeinhausung untersuchen die Partner Systeme mit Warmgangeinhausung (hier wird warme Luft gezielt abgesaugt und dann gekühlt), testen die Effizienz von wassergekühlten Racks oder die Wirkung von technisch unterschiedlich ausgestatteten Umluftkühlgeräten. Um Rechenzentren mit verschiedenen Raumhöhen zu simulieren, verfügt das Testlabor über eine Hubdecke, deren Höhe sich variabel zwischen 3,70 Metern und 2,50 Metern verstellen lässt. Bei den bisherigen Tests beträgt die Raumhöhe repräsentative 2,70 Meter.

Das übergeordnete Ziel ist herauszufinden, welche Lösung unter welchen Bedingungen die optimale Energieeffizienz im Rechenzentrum bringt. Dabei betrachten die Ingenieure die komplette Prozesskette ganzheitlich von der Energiezufuhr bis hin zum -verbrauch. Neben einer verbesserten Klimatechnik steht dabei auch der Einsatz von energiesparender IT im Fokus, etwa bei der Server- und Prozessortechnologie.

PUE-Wert als Messgröße für die Energieeffizienz

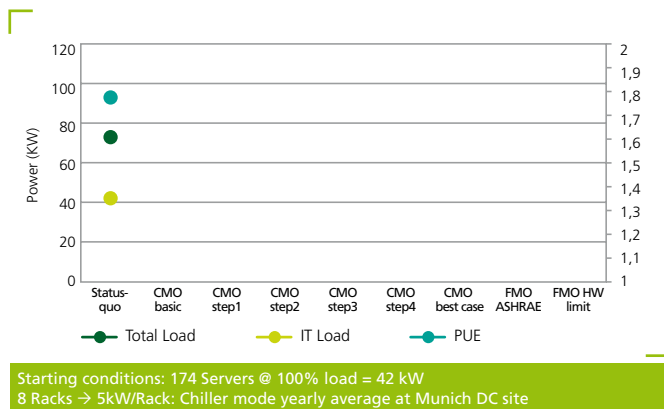
Zur Messung der Energieeffizienz im DataCenter 2020 nutzen T-Systems und Intel den von der Organisation The Green Grid definierten Industriestandard Power Usage Effectiveness (PUE), sprich die Effizienz des Energieeinsatzes. Der Wert misst, wie viel eingesetzte Energie tatsächlich in Rechenleistung umgesetzt wird. PUE ist der Quotient der im Rechenzentrum eingesetzten Gesamtenergie (Total Facility Power Consumption) zum Energieverbrauch der IT-Geräte (IT Equipment Power Consumption). Der PUE-Wert liegt derzeit in bestehenden Rechenzentren bei durchschnittlich 1,9.

IT Equipment Power ist der Stromverbrauch aller IT-Geräte im Rechenzentrum, sprich Server und anderer Rechner, Speicher und Netzwerksysteme, Switches, Monitore und weiterer Peripherie- und Telekommunikationsgeräte. Total Facility Power umfasst neben dem Stromverbrauch für die IT zusätzlich noch die Stromkosten für die Infrastruktur, die den IT-Betrieb unterstützt. Das sind Systeme wie USVs, Schaltanlagen, Batterien, Kühlsysteme, Pumpen, Beleuchtung etc. Abgelesen wird Total Facility-Power ganz einfach am Stromzähler.

Der Ausgangspunkt:

Das Standard-Rechenzentrum von heute

In konventionell gestalteten Rechenzentren frisst die Kühlung der Server etwa die Hälfte der notwendigen Energie. Dieser hohe Verbrauch gründet auch auf diversen Ineffektivitäten. Im DataCenter 2020 haben die Forscher von Intel und T-Systems für ihre ersten Messungen daher die Bedingungen aktuell gängiger Rechenzentren mit all ihren Mängeln simuliert. Als PUE-Wert ergab sich bei dieser Umgebung ein Ergebnis von etwa 1,8. Folgende Bedingungen wurden für die Messungen festgelegt.



1. Leckage in Doppelboden, Racks und Kabeldurchführungen führt zu thermischen Kurzschlüssen

Hintergrund: Die Luftführung spielt im Rechenzentrum eine wesentliche Rolle für die Klimatisierung. Sehr wichtig dabei ist die klare Trennung von Kalt- und Warmluft sowie die Vermeidung von unnötigen Luftströmen im Rechenzentrum. Beispiel Doppelboden: Über ihn wird in vielen Rechenzentren die Kaltluft zur Kühlung unter hohem Druck verteilt, meist wird er auch zur Kabelführung verwendet. Der Doppelboden muss sehr gut abgedichtet sein, um so genannte Leckageluft zu vermeiden, die dann zur Vermischung von Kalt- und Warmluft und damit thermischen Kurzschlüssen führt. Auch in den Racks und den Kabeldurchführungen gilt es, Leckage zu vermeiden.

2. Drehzahl der Umluftkühlgeräte ist auf maximal eingestellt (100 Prozent), um trotz der Leckagen im Doppelboden den Servern im Kaltgang genügend Luft zur Verfügung zu stellen.
3. Die IT-Last ist auf ca. 5 kW/Rack (acht Racks mit insgesamt 174 Servern sind im Einsatz) beziehungsweise ca. 2 kW/m² beschränkt.
4. Die Einblastemperatur (Luft) im Doppelboden ist auf 18°C eingestellt. Somit ergibt sich eine Serveransaugtemperatur von ca. 22°C.

Hintergrund: Das Umluftkühlgerät saugt warme Luft an, kühlt sie und bläst sie mit entsprechender Temperatur wieder in den Doppelboden ein. Die Kühlung gelingt durch einen internen Wärmetauscher, der von den außerhalb des Gebäudes aufgestellten Kältaggregaten („Chiller“ oder Kaltwassersatz) mit Kaltwasser

versorgt wird. Im Kältaggregat hebt eine Kompressionskältemaschine die Temperatur des Kühlmittels so weit an, dass es mit Umgebungsluft herunter gekühlt werden kann. Das kostet sehr viel Energie. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen kann das Kühlmittel übrigens direkt, ohne Einsatz der Kältemaschine, mit der Außenluft heruntergekühlt werden. Dieses Verfahren wird indirekte freie Kühlung genannt und ist sehr viel effizienter als die Kühlung per Kompressionskältemaschine.

5. Da PUE einen jährlichen Durchschnittswert darstellt, haben die Experten im DataCenter 2020 ein rechnerisches Jahresmodell für den Kaltwassersatz entwickelt, um nicht-repräsentative Momentaufnahmen zu vermeiden. In das Modell flossen auch die durchschnittlichen Temperaturen für den Raum München ein, um aus dem Temperaturverlauf das Potenzial zur Nutzung indirekter freier Kühlung im Jahresmittel hochzurechnen.

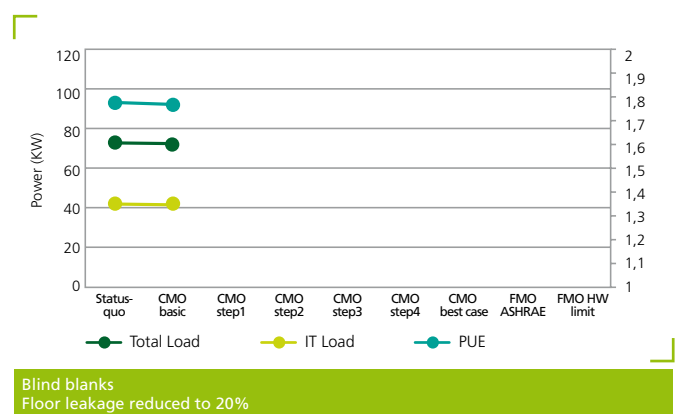
Bei diesen Bedingungen – inklusive Ineffektivitäten – ergab sich bei den Messungen ein PUE-Wert von etwa 1,8.

Optimierungsphase I:

Trennung von Kalt- und Warmluft

Nach der Simulation der Bedingungen eines konventionell aufgebauten Rechenzentrums begannen die Experten im DataCenter 2020 mit der ersten Optimierungsphase. An deren Ende erreichten sie einen PUE-Wert von 1,48. Der Schwerpunkt dabei lag in der konsequenten Trennung von Kalt- und Warmluft in drei Schritten:

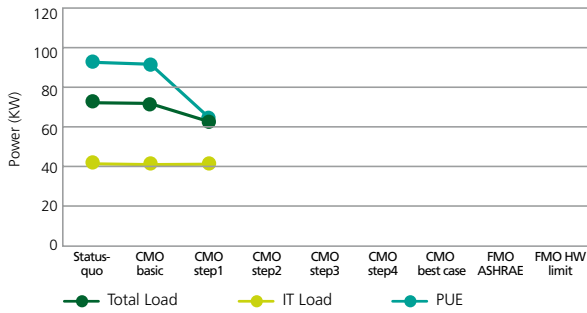
1. Abdichten von Leckage



Im ersten Schritt machten die Experten die Schotten dicht und verhinderten das unnötige Ausströmen von Luft. Sie verhinderten die Leckageluft durch gezieltes Abdichten des Doppelbodens (z.B. bei Kabeldurchführungen) sowie den Einsatz von Blindplatten in den Racks (zwischen durch Server belegten Höheneinheiten).

Das Abdichten der Leckage hatte noch keinen Einfluss auf den PUE, da ja alle Geräte noch im selben Modus arbeiteten. Allerdings steigt der Luftdruck im Doppelboden deutlich an, da keine Luft mehr unnötig entweichen kann. Dies bildet die Voraussetzung für den nächsten Schritt.

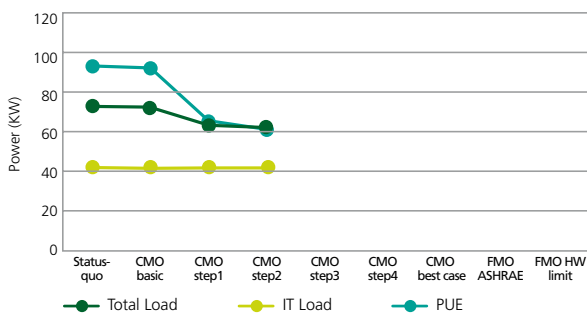
2. Anpassung der Lüfterdrehzahl im Umluftkühlgerät



CRAC fan speed optimization (to be repeated in any of the following steps)

Denn nun konnten die Experten im DataCenter 2020 den Druck im Doppelboden auf den minimal notwendigen Druck senken, um die Ansaugtemperatur auf gesamter Rackhöhe ausreichend zu halten. Dies erreichten Sie durch die Senkung der Drehzahl des Lüfters im Umluftkühlgerät. Da der Lüfter nun deutlich langsamer dreht und damit weniger Energie verbraucht, sank der PUE-Wert von 1,8 auf 1,55.

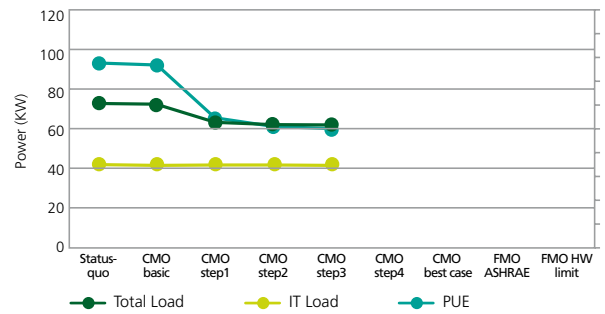
Da Energieeinspareffekte in dieser Phase (Separierung der Lüftflüsse) einzig durch die Lüfterdrehzahl realisiert werden können, wird dieser Schritt der Optimierung in allen folgenden Schritten auch ohne explizite Erwähnung wiederholt.



Doors installed at the end of the aisle (without ceiling)

3. Schrittweise Verbesserung der Kalt- und Warmluftisolation

Im dritten Schritt stand die strikte Trennung von Kalt- und Warmluft an, um thermische Kurzschlüsse künftig zu vermeiden. Konkret wurde dies durch den Einbau von Türen am Anfang bzw. Ende der Rack-Reihe realisiert, das die Vermischung von Kalt- und Warmluft über die Rack-Seiten am Ende und Anfang der Rack-Reihen verhindert.



Replacement of perforated tiles (38% opening) with grating tiles (98% opening) in cold aisle

Mit dem zusätzlichen Tausch von Gitterrostplatten im Kaltgang statt üblicher Lochplatten verringerte sich der aerodynamische Widerstand, da die Luft leichter durch die größeren Öffnungen strömt (Folie 8). Damit lässt sich die Lüfterdrehzahl des Umluftkühlgeräts weiter absenken. Die Schließung des Kaltgangdaches verhindert schließlich, dass sich Kalt- und Warmluft über die Rackoberseite vermischen. Nach dem dritten Schritt der ersten Optimierungsphase sank der PUE-Wert nochmals von 1,55 auf 1,48.

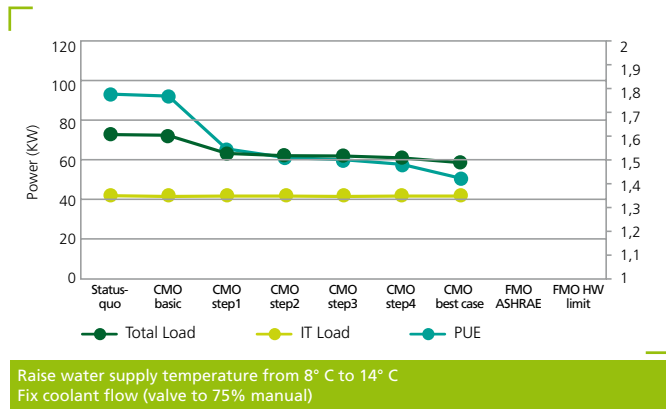
Optimierungsphase II: Erhöhung der Einblastemperatur

In der zweiten Optimierungsphase stand die Erhöhung der Einblastemperatur im Mittelpunkt. Grundsätzlich gilt: Server müssen nicht in Temperaturbereichen um die 22° C betrieben werden, bei denen sich der Mensch sehr wohl fühlt. Andererseits laufen viele Rechenzentren zu kalt für einen energetisch optimalen Betrieb. Viele Server lassen heute Umgebungstemperaturen von 30 bis 35 Grad Celsius zu, während die Luftansaugtemperatur in den meisten Rechenzentren zwischen 20 und 25 Grad Celsius liegt. Muss die Ansaugluft weniger stark abgekühlt werden, so verringert dies den Energiebedarf der Klimaanlage.

Daher gilt: Erhöht man die Einblastemperatur durch Erhöhung der Kühlmitteltemperatur (= Wasservorlauftemperatur), muss man die so genannte erzwungene Kühlung seltener einsetzen, die zum Beispiel mit Hilfe von Kompressoren erzeugt wird. Denn in Umluftkühlgeräten befindet sich ein Wärmetauscher, der von den außerhalb des Gebäudes aufgestellten Kühlaggregaten (Chillern) mit Kaltwasser versorgt wird. Im Kühlaggregat hebt eine Kompressionskältemaschine die Temperatur des Kühlmittels so weit an, dass es mit Umgebungsluft herunter gekühlt werden kann. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen kann das Kühlmittel direkt, ohne Einsatz der Kältemaschine, mit der Außenluft abgekühlt werden. Dieses Verfahren wird indirekte freie Kühlung genannt. Der Energiebedarf ist umso geringer, je höher die Temperatur des Kühlmediums und je niedriger die Außentemperatur ist. Der Wirkungsgrad der Chiller steigt auch mit jedem Grad Raumtemperatur. Die Experten des DataCenter 2020 haben damit folgende Frage zu klären: Welche Wasservorlauftemperatur ist ideal?

4. Ausreizen der Grenzwerte vorhandener Kühlinfrastrukturen

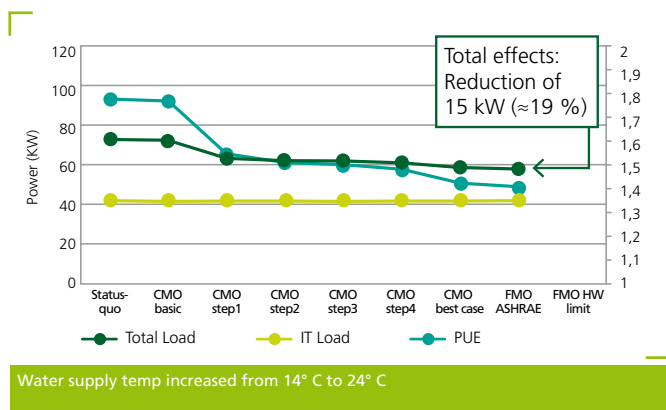
Bei den Standard-Kältemaschinen (Chiller) ist die Wasservorlauftemperatur auf 14° C limitiert. Ihre Anhebung würde aber den Einsatz von erzwungener Kühlung reduzieren, und indirekte freie Kühlung ließe sich länger im Jahresmittel einsetzen. Im Best Case-Versuch haben die Experten des DataCenter 2020 ein Umluftkühlgerät mit einem EC-Motor mit Gleichstromventilator eingesetzt und die Vorlauftemperatur auf 14° C angehoben. EC-Motoren brauchen rund 30 Prozent weniger Strom als herkömmliche AC-Motoren. Mit dieser Konfiguration konnten die Experten im DataCenter 2020 den PUE-Wert erneut senken, und zwar von 1,48 auf 1,43.



Raise water supply temperature from 8° C to 14° C
Fix coolant flow (valve to 75% manual)

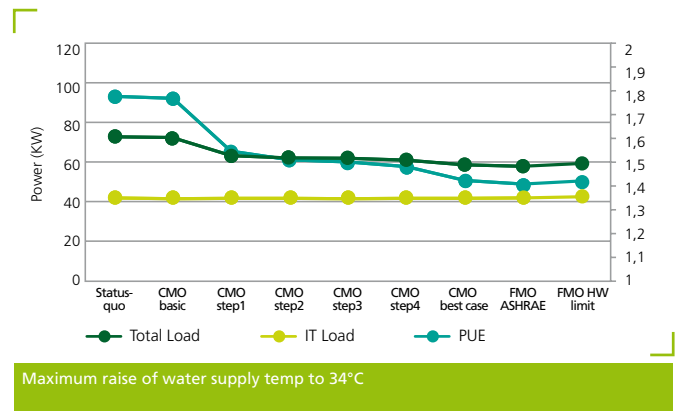
5. Erhöhung der Einblastemperatur auf die aktuellen ASHRAE-Empfehlungen

Im nächsten Schritt erhöhte das DataCenter 2020 Team die Wasservorlauftemperatur gemäß den Empfehlungen der ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) auf 24° C, das entspricht einer Serveransaugtemperatur von 27° C. Der PUE-Wert sank damit auf optimale 1,4.



Water supply temp increased from 14° C to 24° C

ASHRAE (www.ashrae.org) ist der Berufsverband aller in Heizungs-, Kühlungs-, Lüftungs- und Klimaanlagebau Tätigen in den USA. Das ASHRAE-Handbuch ist ein aus vier Bänden bestehendes Nachschlagewerk der Klimatechnik. Jedes Jahr wird ein Band neu aufgelegt. ASHRAE veröffentlicht auch Normen und Richtlinien im Bereich Klimatechnik, auf die in Bauordnungen Bezug genommen wird.

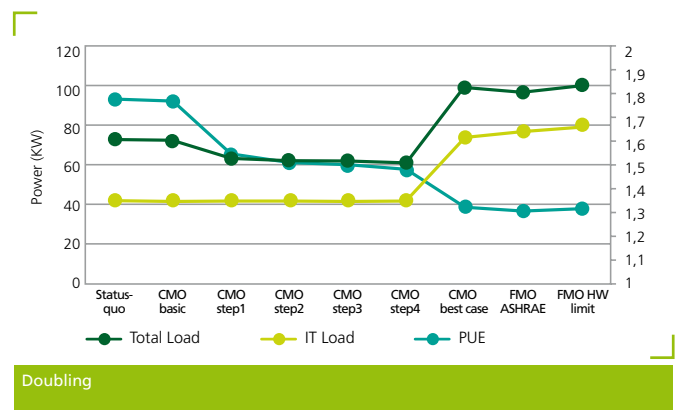


6. Ausreizen der thermischen Grenzwerte der Server

Da die meisten Server heute von ihrer Spezifikation Ansaugtemperaturen von bis zu 35° C zulassen, reizten die Forscher im nächsten Schritt diese Grenze aus und erhöhten die Einblastemperatur auf 35° C. Da aber damit die Lüfter der Server schneller liefen und mehr Energie verbrauchten, stieg der PUE-Wert in diesem Experiment wieder leicht auf 1,43 an.

7. Anhebung der IT-Last auf 10 kW/Rack bzw. 4 kW/m²

Im letzten Versuch verdoppelten die Experten des DataCenter 2020 die IT-Last von ca. 5 kW/Rack bzw. ca. 2 kW/m² (= Ausgangsbedingung) auf ca. 10 kW/Rack bzw. ca. 4 kW/m². Da sich die IT Equipment Power dadurch von 40 kW auf 80 kW verdoppelt, steigt auch die Total Facility Power an. Erreicht wurde mit dieser Versuchsanordnung eine erneute Verbesserung der Effizienz und ein PUE-Wert von 1,3.



Doubling

Fazit

Der Energieverbrauch von Rechenzentren lässt sich mit teilweise einfach zu bewerkstelligen Verfahren reduzieren. Um den PUE-Wert zu senken, experimentierten die Forscher von Intel und T-Systems im DataCenter 2020 mit unterschiedlichen Szenarien. Die verbesserte Energieeffizienz in Bestandsrechenzentren beruht im Wesentlichen auf zwei Effekten:

1. Der strikten Trennung von Kalt- und Warmluft und damit einer optimierten Luftführung, dank der sich die Lüfterdrehzahl der Umluftkühlgeräte senken lässt. Dieses Ergebnis bildet die Grundlage für alle weiteren Schritte und ist mit vergleichsweise kostengünstigen Maßnahmen durchzuführen.
2. Der Anhebung der Raumtemperatur bzw. Einblastemperatur. Diese Maßnahme verkürzt die Zeit für die erzwungene Kühlung und verlängert die Zeit für indirekt freie Kühlung. Das beste Ergebnis erzielten die Experten dabei gemäß der ASHRAE-Empfehlungen mit einer Serveransaugtemperatur von 27° C. Dazu ist eine detaillierte Untersuchung der vorhandenen Infrastruktur und Gebäude notwendig, um sie entsprechend der baulichen Möglichkeiten optimal zu nutzen. Auch Standort, Energieversorgung und Kundennähe sind wichtige Kriterien, um bestehende Rechenzentren ganzheitlich zu beurteilen.

Der Energieverbrauch eines bestehenden Rechenzentrums lässt sich also bereits mit überschaubaren Veränderungen zu moderaten Kosten senken. Dabei kommt es vor allem darauf an, die einzelnen Maßnahmen geschickt aufeinander abzustimmen und stringent umzusetzen. Die hier beschriebene ganzheitliche Vorgehensweise reduziert die Betriebskosten bei gleich bleibender Auslastung oder eröffnet Freiräume zur Erhöhung der IT-Kapazität bei gleich bleibendem Gesamtenergieverbrauch. Um die maximale Effizienz zu erreichen, empfehlen die Experten des DataCenter 2020, die möglichen Kühlkapazitäten und Stromversorgungslasten stets auszureizen.

Ausblick

T-Systems und Intel werden die ersten Erkenntnisse aus der bisherigen Forschung im DataCenter 2020 in ihre eigenen Projekte zur Optimierung von Rechenzentren übernehmen. In der nächsten Projektstufe untersuchen die Experten, inwiefern sich die Rechenzentrums-Infrastruktur durch die IT-Last steuern lässt, damit auch im Teillastbereich der optimale Energieverbrauch entsteht. Fernziel dabei ist „Infrastructure on demand“, das heißt die Infrastruktur im Rechenzentrum stellt den Servern genau die daran angepasste Kühlleistung zur Verfügung, die sie im Moment brauchen.

Für weitere Informationen: www.datacenter2020.de

Copyright © 2010 Intel Corporation und T-Systems International GmbH
Alle Rechte vorbehalten.

Powered by

• • T • • Systems •

