

# EFFIZIENZVERBESSERUNG IM RECHENZENTRUM UND ENTSPRECHENDE AUSWIRKUNGEN

## STROMVERBRAUCH IST WEITERHIN EINE HERAUSFORDERUNG FÜR RECHENZENTREN

Die für den Betrieb von Rechenzentren erforderliche Energie stellt weiterhin eine große Herausforderung dar. Vor allem große Rechenzentren haben viel in die Optimierung des Stromverbrauchs sowie in die Nutzung alternativer und erneuerbarer Energiequellen investiert. Es gibt jedoch noch zahlreiche Rechenzentren mittlerer Größe, die ihren Stromverbrauch durch die Implementierung einfacher Verbesserungen optimieren können.

## TATSÄCHLICHER STROMBEDARF UND LEISTUNGSSPITZEN

Um ausreichend niedrige Temperaturen aufrechtzuerhalten, müssen bei der Planung von Rechenzentren die Kühlsysteme entsprechend dem Stromverbrauch und der erzeugten Wärme ausgelegt werden. Beide werden durch den Umfang der Netzwerkaktivitäten und das Datenverarbeitungsvolumen der Einbauten bestimmt und können während eines normalen Tages erheblich schwanken. Der tatsächliche Strombedarf beschreibt die Menge an Strom, die erforderlich ist, um minimale Aktivitäten ohne Unterbrechung durchzuführen. Zu Zeiten höherer Netzwerkaktivität ist eine höhere Leistung erforderlich, und es wird somit mehr Wärme erzeugt.

Wenn diese Leistungsspitzen nur wenige Minuten pro Stunde auftreten, kann die Wärmelast in der Regel effizient bewältigt werden. Je länger die Aktivität andauert, umso mehr Leistung ist erforderlich und umso mehr Wärme staut sich an. Zudem gleichen viele Rechenzentren ihren Strom- und Kühlungsbedarf aus, indem sie verschiedene Netzwerkaktivitäten und Verarbeitungsläufe verteilen, um Spitzen zu vermeiden. Statt mehrere Aufgaben gleichzeitig durchzuführen, werden einige Wartungsaufgaben für Zeiträume mit geringerem Stromverbrauch geplant.



# EFFIZIENZVERBESSERUNG IM RECHENZENTRUM UND ENTSPRECHENDE AUSWIRKUNGEN

Zu hohe Temperaturen können für Elektronikbauteile schädlich sein. Andererseits liefern auf Spitzenlasten ausgelegte Stromversorgungs- und Kühlsysteme mehr Kapazitäten als benötigt werden. Zudem liegt der Preis für diese Systeme wesentlich höher als erforderlich. Da der Stromverbrauch in Zeiträumen mit Leistungsspitzen über dem tatsächlichen Strombedarf liegt, sollten Rechenzentren stattdessen für einen durchschnittlichen Stromverbrauch konzipiert werden.

## ANGABEN AUF DEM TYPENSCHILD UND TATSÄCHLICHER STROMVERBRAUCH

Die Planung von Stromversorgungs- und Kühlsystemen in einem Rechenzentrum nur vor dem Hintergrund von maximaler Leistungsaufnahme führt ebenso wie die Planung eines Systems anhand der Angaben auf dem Typenschild zu Überkapazitäten und übermäßig hohen Investitions und Betriebskosten. Systeme sind mit einem Typenschild versehen, auf dem die Leistungsaufnahme in Watt bei einer Auslastung von 100 % angegeben ist.

Bei dieser Angabe handelt es sich jedoch um die maximal mögliche Leistungsaufnahme, nicht um die typische Laufleistung. Faktisch wird dieser Wert – wenn überhaupt –



selten erreicht, da die meisten Systemkonstrukteure vorsorglich eine höhere Netzleistung einplanen, als das System aufnehmen kann. Netzwerksysteme, die mit einem hohen Prozentsatz des auf dem Typenschild angegebenen Werts betrieben werden, sind wahrscheinlich überlastet, verursachen lange Reaktionszeiten und müssen ersetzt oder neu konfiguriert werden.

Da der auf dem Typenschild angegebene Wert höher als die tatsächliche Leistungsaufnahme des Systems ist, ergibt die Addition der Werte aller Systeme in einem Rack zur Ermittlung des Energie- und Kühlungsbedarfs dieses Racks einen falschen und extrem hohen Wert. Einige Systemhersteller

bieten alternativ Richtlinien für den typischen Energie- und Kühlungsbedarf an. Die American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) stellt zudem eine Liste mit typischen Anforderungen für den laufenden Betrieb bereit. Die tatsächliche Leistungsaufnahme kann auch mit einem Stromzähler in der Unterverteilung oder noch besser auf PDU Ebene ermittelt werden. Über einen längeren Zeitraum aufgezeichnet, ergibt sich daraus die genaue Gesamtleistungsaufnahme. Dieser Wert ist die Grundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs im Rechenzentrum. Und schließlich ist es in der Branche gängige Praxis, zur Ermittlung der ungefähren Betriebsleistung des Systems die Angaben auf dem Typenschild um 40 Prozent zu reduzieren.

## Je näher das Kühlsystem an der Wärmequelle, umso besser die Kühleffizienz

Da Prozessoren fast alle Energie in Wärme umwandeln, steht die Leistungsaufnahme in direktem Zusammenhang mit dem Kühlungsbedarf. Je besser die erforderliche Betriebsleistung unter Berücksichtigung des zukünftigen Erweiterungsbedarfs geplant wird, umso besser kann das Kühlsystem geplant werden. Und je näher die Kühlung an der Wärmequelle ist, umso schneller kann das System auf schwankende Wärmelasten reagieren und so eine Überhitzung bzw. eine Unterkühlung des Rechenzentrums vermeiden.

## RECHENZENTREN MIT UND OHNE DOPPELBODEN

In Rechenzentren mit Doppelboden werden perforierte Bodenplatten zur Verteilung von Kaltluft verwendet. So gelangt Kaltluft in einen Kaltgang und kann zur Kühlung von Einbauten verwendet werden.

Eine Bodenplatte misst in der Regel 600 mm × 600 mm (24" × 24") und ermöglicht je nach Luftdurchsatz und Luftdruck im Doppelboden einen Luftvolumenstrom von 300 bis 850 m<sup>3</sup>/h (200 bis 500 CFM).

Die freien Querschnitte in Prozent geben die Fläche der Ausschnitte an, die einen Luftstrom durch die Platte ermöglichen. Ältere Bodenplatten weisen in der Regel 25 bis 35 Prozent freie Querschnitte auf, während bei einigen neueren Modellen für die freien Querschnitte ein Prozentsatz von 60 Prozent und mehr erreicht wird.

Der genaue Betrag für die Kühlleistung (in Watt) pro Platte wird durch den tatsächlichen Luftstrom und die Temperatur bestimmt. Typische Bodenplatten ermöglichen eine Kühlleistung zwischen 1.500 und 4.000 Watt.

Bodenplatten verfügen zwar heutzutage über größere freie Querschnitte, doch ein ganzes System mit solchen Platten ausreichend zu kühlen, ist mitunter schwierig. Bei Umluft-Klimaanlagen ist häufig der Luftdruck unter dem Boden so gering, dass der erforderliche Luftvolumenstrom nicht im ganzen Rechenzentrum erreicht wird.

Einige Anbieter haben flüssigkeitsgekühlte Bodenplatten oder Bodenplatten mit Kühlrippen entwickelt. Lösungen dieser Art können Kaltluft oder einen höheren Luftstrom an bestimmten Stellen in einem Rechenzentrum begünstigen. Sollten aber vorrangig bei der Optimierung einer vorhandenen Installation berücksichtigt werden.

# EFFIZIENZVERBESSERUNG IM RECHENZENTRUM UND ENTSPRECHENDE AUSWIRKUNGEN

Der luftseitige Kühlkreis wird durch den Einsatz von Kühlgeräten/ Luftversorgungseinheiten für Serverräume (Computer Room Air Conditioners / CRAC bzw. Computer Room Air Handlers / CRAH) realisiert. Diese Kühlgeräte führen die Wärme der Abluft mittels Kältemittel oder Kühlwasser ab. Die Wärme wird aus dem Gebäude heraus geleitet. Die wiederaufbereitete Kaltluft wird in die Luftkammer des Doppelbodens und dann durch die perforierten Bodenplatten nach oben in den Kaltgang geblasen. Da der Doppelboden als Luftkammer zur Kaltluftverteilung im Rechenzentrum dient, spielen perforierte Bodenplatten eine wichtige Rolle.

Über diese Bodenplatten gelangt die gesamte Kaltluft in das Rechenzentrum. Ihre Platzierung bestimmt die Kühlleistung und die Effizienz der gesamten Einrichtung. Sie müssen strategisch so platziert werden, dass eine ordnungsgemäße Luftverteilung gewährleistet ist.

Die exakte Platzierung von Bodenplatten wird häufig festgelegt, nachdem Gestell und Einbauten aufgestellt und montiert sind. Sie erfolgt zum einen auf der Grundlage von Messungen, zum anderen durch Ausprobieren. Bei einer anderen, anspruchsvolleren Methode kommen zur optimalen Plattenplatzierung CFD-Modelle (Computational Fluid Dynamics, numerische Strömungsdynamik) zum Einsatz. Bei dieser Methode wird ein Modell des Rechenzentrums mit möglichst exakten Angaben erstellt. Darauf folgt die Entwicklung eines Übersichtsplans. Die Platzierung der Bodenplatten für eine optimale Luftführung und Kühlung wird durch Modellierung und Simulation ermittelt.

Probleme können entstehen, wenn die perforierten Bodenplatten mit zu geringem oder zu großem Abstand zu den CRAC/ CRAH-Einheiten platziert werden. Wenn die Bodenplatten mit zu großem Abstand zu den CRAC/CRAH-Einheiten platziert werden, ist der Luftstrom zu gering.

Wenn die Bodenplatten mit zu geringem Abstand zu den Punkten platziert werden, an denen der Boden eines Racks auf der Luftkammer des Doppelbodens steht, kann dagegen aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit der am Boden einer Einheit austretenden Luft der Venturi-Effekt auftreten.

Der Venturi-Effekt tritt auf, wenn aufgrund des Luftstroms unter der perforierten Bodenplatte ein Sog entsteht. Kaltluft strömt nicht mehr nach oben, sondern die Luft auf dem Boden wird nach unten – also genau in die falsche Richtung – gesaugt.

In den letzten Jahren wurden von verschiedenen Organisationen wichtige Arbeiten zur Förderung der Energieeffizienz in Rechenzentren vorgestellt. Dennoch sind in vielen Installationen die folgenden Parameter repräsentativ für Rechenzentren mit einem typischen Doppelboden:

- Lufttemperatur im Doppelboden = 13 bis 19 °C (55 bis 66 °F)
- Die Lufttemperatur steigt auf dem Weg zu den weiter oben montierten Einbauten auf etwa 25,5 °C (78 °F).
- Typische  $\Delta T$  = etwa 20 K
- Temperatur im Warmbereich = etwa 38 °C (100 °F)

## HERAUSFORDERUNGEN FÜR RECHENZENTREN MIT DOPPELBODEN

- Schwierigkeiten bei der seismischen Bewertung. In erdbebengefährdeten Regionen kann bei Einsatz eines Doppelbodens eine Netzwerkverfügbarkeit von 99,999 Prozent praktisch nicht erwartet werden.
- Doppelböden wurden in Zeiten entwickelt, als noch nicht ständig umgebaut, ergänzt oder aufgerüstet werden musste, wie das bei der kurzen Betriebsdauer von IT-Geräten heute üblich ist. Daher gestaltet sich der Zugang zur Unterbodenverkabelung im Falle von Veränderungen sehr schwierig.
- In älteren Gebäuden ist möglicherweise nicht genügend Platz für Doppelböden vorhanden.
- Der Bereich unter einer Bodenplatte ist eine Luftkammer, die bestimmte Brandschutzbestimmungen erfüllen muss und in der sich Leitungen oder spezielle Polymere sowie für Luftkammern geeignete Kabel befinden.

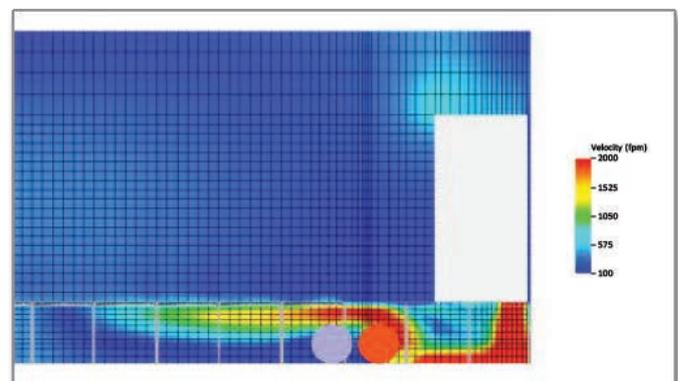
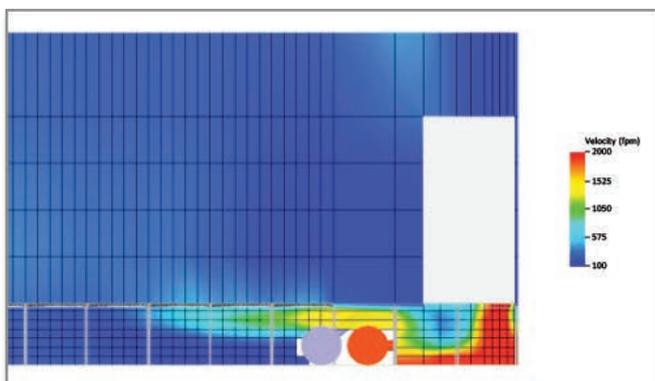


Bild: CFD-Analyse desselben Layouts mit unterschiedlichen Berechnungsrastern

# EFFIZIENZVERBESSERUNG IM RECHENZENTRUM UND ENTSPRECHENDE AUSWIRKUNGEN

## RECHENZENTREN OHNE DOPPELBODEN

Das System zur Kaltluftverteilung, die Leitungen für Strom- und Datenkabel sowie eine Potenzialausgleichsschiene für die Erdung stellen die wichtigsten Elemente einer Doppelbodenkonstruktion dar. Die Funktionen dieser Elemente können jedoch auch von neuen Technologien übernommen werden. So kommt in vielen großen Rechenzentren inzwischen keine Doppelbodenkonstruktion mehr zum Einsatz. Zusammen mit den Doppelböden sind auch abgehängte Decken aus den Rechenzentren verschwunden. In heutigen Rechenzentren ohne Doppelboden kann durch neue Technologien ein ausreichender Luftstrom vor den Servern erzeugt werden. Durch den Einsatz von entsprechenden Tragkonstruktionen können Kabel über den Schränken geführt werden. Einige der Probleme, die Doppelbodenkonstruktionen mit sich bringen, treten bei diesen Rechenzentren gar nicht erst auf.

## VORTEILE VON RECHENZENTREN OHNE DOPPELBODEN

- Kabel liegen oben und sind leicht zugänglich.
- Die Böden im Rechenzentrum lassen sich wesentlich einfacher sauber halten, da es keine Stellen gibt, an denen sich Staub ablagern kann.
- Bei Rechenzentren ohne Doppelboden spielt Gewicht eine geringere Rolle. Gestelle voller Einbauten wiegen bis zu 1500 kg und mehr. Das kann bei Doppelbodenkonstruktionen problematisch sein.
- Da kein doppelter Boden vorhanden ist, sind die Kosten entsprechend geringer. Externe Untersuchungen haben ergeben, dass Doppelböden etwa 200 €/m<sup>2</sup> kosten. Hinzu kommen die zusätzlichen Kosten für Strom- und Datenkabel.
- Der Kaltluftstrom wird durch nichts mehr blockiert oder behindert. Häufig sorgen perforierte Bodenplatten aufgrund von Blockaden oder Hindernissen unter dem Doppelboden für einen deutlich geringeren Luftstrom als erwartet.

## Ein Kühlkonzept zur Kühlung der Einbauten mit Luft will gut durchdacht sein

### ENERGIEKOSTEN UND EINSPARUNGEN IM RECHENZENTRUM

Nach der Festlegung der Positionen von perforierten Bodenplatten können weitere Maßnahmen ergriffen werden, um einen ordnungsgemäßen Luftstrom im Rechenzentrum zu gewährleisten.

So muss beispielsweise nach dem Eintritt der Kaltluft über den Doppelboden für eine saubere Trennung gesorgt werden. Die Kaltluft muss an die entsprechende Eintrittsstelle der Server geführt werden. Dabei darf sich die Kaltluft nicht mit der Abluft vermischen oder in die Kühleinheit zurückgeführt werden. Zum Verschließen von Bereichen, in denen potenziell ein Luftkurzschluss (Vermischung von Kalt- und Warmluft) auftreten kann, sollten Bürsten, Dichtungen und Blenden verwendet werden.

Durch Einsatz einer Kaltgangeinhausung können Kalt- und Warmluft voneinander getrennt werden. Dadurch erhöht sich die Effizienz der Doppelbodenkühlung vor der 19"-Ebene. Zudem ergeben sich Energieeinsparungen aufgrund der Tatsache, dass Wärmeschichtungen eliminiert werden, die eine Unterkühlung erfordern.

Die Energieeffizienz von Rechenzentren wird üblicherweise mit der bereits 2006 eingeführten Kennzahl PUE angegeben. Die PUE ist das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs zum Energieverbrauch der IT-Geräte.

Anhand dieser Kennzahl können Betreiber von Rechenzentren erkennen, wie sich unterschiedliche Aktivitäten auf die Energieeffizienz auswirken.

Zudem kann diese Kennzahl als eine Art Maßstab für verschiedene Rechenzentren dienen.

Dies muss jedoch mit Sorgfalt betrachtet werden, da die geografische Lage, die Serverauslastung und schließlich auch die Art und Weise, wie Leistung gemessen wird, nicht überall gleich sind.

Bei einem typischen Rechenzentrum mit einer Warm-/Kaltgang-Gestell-Konfiguration liegt der PUE-Wert bei etwa 2,4. Bei einem energieeffizienten Rechenzentrum liegt dieser Wert bei 2 oder sogar darunter. Einige spezielle Rechenzentren behaupten, Werte von 1,3 und weniger zu erreichen.

PUE (Power Usage Effectiveness)  
= Gesamtenergieverbrauch / Energieverbrauch der IT

$$PUE = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch der Einrichtung}}{\text{Energieverbrauch der IT}}$$

Eine weitere Kennzahl zur Messung der Energieeffizienz von Rechenzentren ist die DCiE. Sie ist mit dem PUE-Wert vergleichbar, entspricht jedoch dessen Kehrwert und wird als Prozentsatz angegeben.

Der PUE-Wert 2,4 entspricht einer DCiE von 41,6 %.

DCiE (Data Center infrastructure Efficiency =  
Energieverbrauch der IT / Gesamtenergieverbrauch  
der Einrichtung)

$$DCiE = \frac{1}{PUE} = \frac{\text{Energieverbrauch der IT}}{\text{Gesamtenergieverbrauch der Einrichtung}}$$

## EINSPARUNGSDIAGRAMM

In diesem Diagramm, das als Richtlinie dient, sind typische Einsparungen dargestellt. Jedes Rechenzentrum hat andere Herausforderungen zu bewältigen, und die angegebenen Maßnahmen wirken sich sehr unterschiedlich auf die Energieeffizienz und auf die Einsparungen aus. Potenzielle Einsparungen in Bezug auf Platzbedarf und Investitions-/Baukosten sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Während der Planung eines Rechenzentrums können zur Optimierung der Energieeffizienz unterschiedliche Layouts vor dem Hintergrund der erforderlichen IT-Ausrüstung und -Auslastung bewertet werden. Dessen ungeachtet können auch bestehende Rechenzentren durch unterschiedliche Maßnahmen mit geringen Investitionen bereits erhebliche Einsparungen erzielen.

# EFFIZIENZVERBESSERUNG IM RECHENZENTRUM UND ENTSPRECHENDE AUSWIRKUNGEN

## HYPOTHETISCHES RECHENZENTRUM

- 100 Gestelle mit einer IT-Last von 5 kW pro Gestell (durchschnittlich)
- 280 m<sup>2</sup> Doppelboden (5 Reihen mit 20 Gestellen und je 4 Gängen)
- IT-Gesamtlast = 500 kWh (4.380.000 kW/Jahr)
- Gesamtenergieverbrauch pro Jahr 10.512.000 kW
- Energiekosten 0,10 €/kWh
- Energiegesamtkosten pro Jahr 1.051.200,00 €
- PUE = 2,4 (typisches, durchschnittliches Rechenzentrum)  
DCiE = 41,6 %
- Jährliche Kosten pro Gestell = 10.512 €
- Jährliche Kosten pro 1 kW IT-Last = 2.102 €

## MASSNAHME – PUE – JÄHRLICHE ENERGIEKOSTEN – JÄHRLICHE EINSPARUNGEN

Maßnahme	PUE	Jährliche Energiekosten in €	Jährliche Einsparungen insgesamt in €
Für Rechenzentren typisch (Warmgang/Kaltgang)	2,40	1.051.200	–
Blindplatten (in allen offenen HE)	2,38	1.042.440	8.76
Bodenbürsten (Plattenausschnitte)	2,35	1.029.300	21.9
Perforierte Bodenplatten	2,30	1.007.400	43.8
CRAC/CRAH-Einheit	2,27	994.26	56.94
Abgehängte Decke	2,23	976.74	74.46
Schranklayout optimiert	2,20	963.6	87.6
Schranklayout optimiert	2,15	941.7	109.5
Einhausung – Kaltgang	2,10	919.8	131.4
Einhausung mit InRow Kühler	1,85	831.2	219
Geschlossenes Schrankkonzept mit Luft-Wasser Wärmetauschern* (geschlossenes Gestellsystem)	1,75	766.5	284.7

\* Hinweis: Das Konzept stellt eine eigenständige Lösung dar und wird nicht mit den anderen Maßnahmen kombiniert.

## ÜBER NVENT

Wir bei nVent sind davon überzeugt, dass sichere Systeme auch die Welt noch ein Stück sicherer machen. Mit innovativen elektrischen Lösungen verbinden und schützen wir unsere Kunden. nVent ist ein globales Unternehmen mit rund 2 Milliarden Dollar Jahresumsatz und fast 9.000 Mitarbeitern in aller Welt.

## ÜBER ENCLOSURE

Elektrische Systeme gibt es in allen Größen und Formen – von großen Industriesteuerungen bis zu einzelnen Komponenten. nVent bietet ein umfangreiches Sortiment an Gehäusen, die diese wichtigen Systeme aufnehmen. Unsere Gehäuse werden unter den Marken nVent HOFFMAN und nVent SCHROFF vermarktet und bieten doppelten Schutz. Sie schützen elektrische Geräte vor der Betriebsumgebung und Menschen vor den Gefahren, die von elektrischen Systemen ausgehen. Die Marke nVent SCHROFF bietet Serverschränke, Kühlungslösungen für Rechenzentren, Energieversorgungsanlagen, Baugruppenträger und Gehäuse an.

**Contact: nVent SCHROFF**

+49.7082.794.0



[nVent.com](http://nVent.com)

Unser leistungsstarkes Markenportfolio:

CADDY ERICO HOFFMAN RAYCHEM SCHROFF TRACER