Ermitteln der Anforderungen für die Kühlung in Datencentern

von Neil Rasmussen

White paper/Weißbuch Nr. 25

Legendary Reliability®

Revision 1

Zusammenfassung

Dieses Dokument beschreibt, wie die Abwärme von IT- und anderen Geräten (z. B. USV) in Datencentern ermittelt wird, um die Kühlsysteme korrekt dimensionieren zu können. Zusätzlich sind einige gebräuchliche Umrechnungsfaktoren und Konstruktionsrichtlinien enthalten.

©2003 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Erlaubnis des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in irgendeinem System zum Abrufen von Daten gespeichert werden. *www.apc.com* Version 2003-1

Einführung

Elektrische Geräte produzieren Wärme, die abgeführt werden muss, damit die Gerätetemperatur nicht auf ein unakzeptables Maß ansteigt. Die meisten IT- und anderen Geräte in Datencentern oder Serverräumen werden luftgekühlt. Für die Dimensionierung eines Kühlsystems ist es erforderlich, die von den Geräten in einem geschlossenen Raum und anderen typischen Wärmequellen produzierte Abwärme zu kennen.

Messen der Abwärme

Wärme ist Energie und wird gewöhnlich in Joule, BTU (British Thermal Unit), Tonnen oder Kalorien gemessen. Die übliche Einheit für die Abwärmerate von Geräten lautet Joule pro Sekunde (entspricht der Einheit Watt). Es gibt keinen zwingenden Grund, weshalb für Wärme all diese verschiedenen Einheiten verwendet werden, allerdings können zuweilen alle von ihnen zur Angabe der Leistungsaufnahme oder Kühlkapazität vorkommen. Gemischte Angaben in verschiedenen Maßen führen zu unnötiger Verwirrung von Benutzern und Herstellern. Glücklicherweise besteht auch weltweit der Trend, dass die Normungsinstitute die Maßeinheit für Leistungsaufnahme und Kühlkapazität auf einen üblichen Standard vereinheitlichen, nämlich das Watt. Überholte Begriffe wie BTU und Tonne werden mit der Zeit verschwinden[1]. Aus diesem Grund werden Leistung und Kühlkapazitäten in diesem Dokument in Watt angegeben. Die Verwendung von Watt als Standard ist vorteilhaft, da sie – wie später gezeigt – den Entwurf von Datencentern vereinfacht.

In Nordamerika werden Angaben für die Leistungsaufnahme und Kühlkapazität oft noch in den veralteten Einheiten BTU und Tonnen gemacht. Zur Umrechnung solcher Angaben dient die folgende Tabelle:

Wert in	Umrechnungsfaktor	Ergebnis in
BTU pro Stunde	0,293	Watt
Watt	3,41	BTU pro Stunde
Tonnen	3.530	Watt
Watt	0,000283	Tonnen

[1] Die Maßeinheit „Tonnen“ bezieht sich auf die Kühlkapazität von Eis und ist ein Überbleibsel aus der Zeit zwischen 1870 und 1930, als Kühlung durch die tägliche Anlieferung von Eisblöcken erzielt wurde.

©2003 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Erlaubnis des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in irgendeinem System zum Abrufen von Daten gespeichert werden. *www.apc.com* Version 2003-1

Die von Computern oder anderen IT-Geräten über die Datenverbindungen übertragene Leistung ist vernachlässigbar. Daher wird der vom Wechselstromanschluss bezogene Strom im Grunde vollständig in Wärme umgewandelt. Daher lässt sich die Abwärme von IT-Geräten in Watt der Leistungsaufnahme in Watt gleichsetzen. Die Angabe in BTU pro Stunde in manchen Datenblättern ist zur Bestimmung der Abwärme von Geräten nicht erforderlich. Die Abwärme ist gleich der Leistungsaufnahme[2].

Bestimmen der Abwärme eines vollständigen Systems

Die Gesamtabwärme eines Systems ist die Summe aus den Abwärmewerten der einzelnen Komponenten. Zum vollständigen System zählen die IT-Geräte und zusätzliche Geräte wie USV, Leistungsverteilung, Klimaanlage, Beleuchtung und Personal. Glücklicherweise kann die Abwärmerate dieser Elemente durch genormte Regeln einfach ermittelt werden.

Die Abwärme von USV- und Leistungsverteilungssystemen setzt sich aus einem festen Verlust und einem zur Betriebsleistung proportionalen Verlust zusammen. Diese Verlustwerte sind bei allen Marken und Modellen von Geräten ausreichend identisch und können daher ohne signifikanten Fehler abgeschätzt werden. Der Einfluss von Beleuchtung und Personen lässt sich ebenso einfach durch Standardwerte abschätzen. Um die Kühllast eines vollständigen Systems zu bestimmen, sind nur leicht zu beschaffende Angaben notwendig, z. B. die Grundfläche in Quadratmetern und die Leistung des Stromnetzes.

Klimaanlagen produzieren in ihren Ventilatoren und Kompressoren eine bedeutende Menge an Abwärme. Diese Wärme wird nach außen geleitet und trägt nicht zur Wärmebelastung innerhalb des Datencenters bei. Sie reduziert jedoch die Leistungsfähigkeit des Klimasystems und wird normalerweise bei der Dimensionierung der Klimaanlage einbezogen.

Eine detaillierte thermische Analyse aufgrund der Abwärmedaten jedes einzelnen Geräts im Datencenter ist möglich, aber eine einfache Abschätzung anhand einfacher Regeln führt bereits zu Ergebnissen im gleichen Fehlerrahmen wie die kompliziertere Analyse. Die schnelle Abschätzung hat auch den Vorteil, dass sie ohne besonderes Wissen oder Schulung durchgeführt werden kann.

Tabelle 1 zeigt ein Arbeitsblatt für die schnelle Berechnung der Abwärmelast. Mit diesem Dokument lässt sich die gesamte Abwärme eines Datencenters schnell und zuverlässig bestimmen. Die Anleitung unterhalb von Tabelle 1 beschreibt die Verwendung dieses Arbeitsblatts.

[2] Hinweis: Die Ausnahme von dieser Regel sind VoIP-Router (Voice over IP), bei denen bis zu 30 % der aufgenommenen Leistung an entfernte Terminals übertragen werden kann, sodass die Abwärme geringer sein kann als die Leistungsaufnahme. Die in diesem Dokument getroffene Annahme, dass die gesamte elektrische Energie lokal umgewandelt wird, führt zu einer leichten Überschätzung der Abwärme von VoIP-Routern, was in den meisten Fällen aber keinen wesentlichen Fehler darstellt.

©2003 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Erlaubnis des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in irgendeinem System zum Abrufen von Daten gespeichert werden. *www.apc.com* Version 2003-1

***Tabelle 1** – Arbeitsblatt zur Berechnung der Abwärme in einem Datencenter oder Netzwerkraum*

Element	Erforderliche Daten	Berechnung der Abwärme	Zwischensumme der Abwärme
IT-Geräte	Gesamte Leistungsaufnahme in Watt	Identisch mit Leistungsaufnahme in Watt	_____ Watt
USV mit Batterie	Angegebene Leistung in Watt	(0,04 x angegebene Leistung) + (0,06 x gesamte IT-Leistung)	_____ Watt
Leistungsverteilung (Elektroverteiler)	Angegebene Leistung in Watt	(0,02 x angegebene Leistung) + (0,02 x gesamte IT-Leistung)	_____ Watt
Beleuchtung	Bodenfläche in Quadratmetern (oder Bodenfläche in Quadratfuß)	21,53 x Fläche in qm (2 x Fläche in Qudratfuß)	_____ Watt
Personen	Maximale Anzahl von Personen im Datencenter	100 x maximale Anzahl von Personen	_____ Watt
Gesamt:	Zwischensummen der obigen Elemente	Summe der Zwischensummen	_____ Watt

Vorgehensweise

Beschaffen Sie sich die in der Spalte „Erforderliche Daten“ genannten Angaben. Schauen Sie bei Fragen in den unten stehenden Datendefinitionen nach. Führen Sie die Abwärmeberechnung durch und tragen Sie das Ergebnis in der Spalte der Zwischensummen ein. Addieren Sie die Zwischensummen zur gesamten Abwärme.

Datendefinitionen

Gesamte IT-Leistung in Watt – Die Summe der Leistungsaufnahme aller IT-Geräte.

Angegebene Leistung – Die angegebene Leistung des USV-Systems. Wenn Sie eine redundante USV verwenden, dürfen Sie deren Kapazität nicht in die Berechnung einbeziehen.

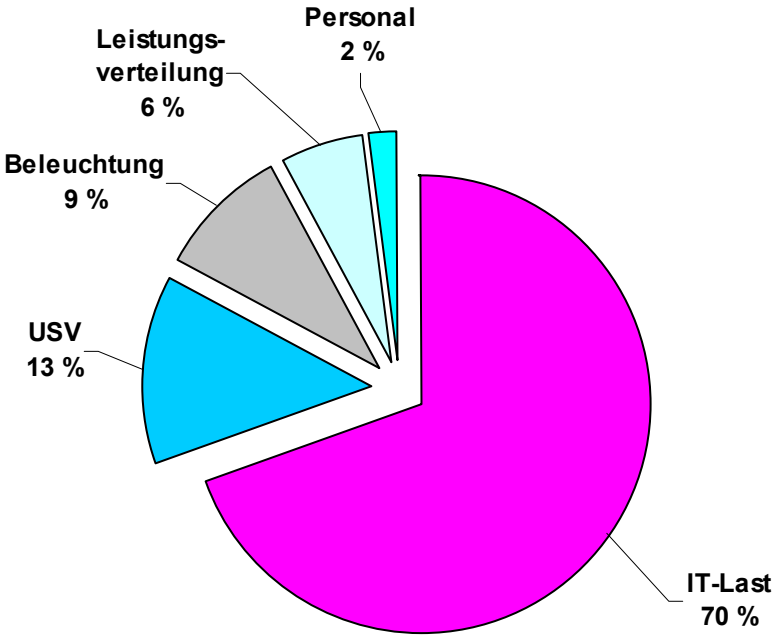
Beispiel eines typischen Systems

Die Abwärme eines typischen Systems setzt sich wie folgt zusammen. Als Beispiel dient ein Datencenter auf 465 m^2 mit 250 kW, 150 Racks und maximal 20 Personen. Vorausgesetzt wird, dass das Datencenter zu 30 % ausgelastet ist, was einen typischen Wert darstellt. Eine Erörterung der typischen Auslastung finden Sie im APC-White Paper/Weißbuch Nr. 37, „Überdimensionierte Datencenter und Netzwerkraum-Installationen: Kostenvermeidung“. Die gesamte IT-Last des Datencenters beträgt in diesem Fall 30 % von 250 kW, also 75 kW. Unter diesen Umständen beträgt die gesamte Abwärme des Datencenters 108 kW, also etwa 50 % mehr als die IT-Last.

Den relativen Beitrag der verschiedenen Elemente in dem Datencenter aus diesem Beispiel zur gesamten Abwärme zeigt Abbildung 1.

©2003 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Erlaubnis des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in irgendeinem System zum Abrufen von Daten gespeichert werden. *www.apc.com* Version 2003-1

Abbildung 1 *– Relative Beiträge zur gesamten Abwärme in einem typischen Datencenter*



Beachten Sie, dass der Beitrag zur Abwärme durch USV und Leistungsverteilung dadurch verstärkt wird, dass das System nur mit 30 % seiner Kapazität betrieben wird. Bei einer Auslastung von 100 % wäre die Effizienz dieser Systeme größer, sodass ihr Beitrag zur Abwärme des Systems sinkt. Dieser bedeutsame Verlust an Effizienz stellt in einem überdimensionierten System einen wichtigen Kostenfaktor dar.

Andere Wärmequellen

Die vorstehende Analyse lässt einige Quellen von Umgebungswärme wie Sonneneinstrahlung durch die Fenster und Wärmefluss durch die Außenwände außer Acht. In vielen kleinen Datencentern und Serverräumen gibt es keine Außenwände oder Fenster, sodass dies nicht zu einem Fehler führt. Bei großen Datencentern mit Außenwänden oder einem Dach kann jedoch zusätzliche Wärme eindringen, die vom Kühlsystem abgeführt werden muss.

Befindet sich das Datencenter innerhalb eines klimatisierten Gebäudes, können diese anderen Wärmequellen ignoriert werden. Ist das Datencenter durch Wände oder Decken der Außenwärme ausgesetzt, ist es notwendig, einen Klima- und Lüftungs-Berater zu Rate zu ziehen, um die maximale Wärmelast abzuschätzen. Diesen Wert müssen Sie dann zu der im voranstehenden Absatz bestimmten Abwärme addieren.

©2003 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Erlaubnis des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in irgendeinem System zum Abrufen von Daten gespeichert werden. *www.apc.com* Version 2003-1

Luftfeuchtigkeit

Ein Kühlsystem für Datencenter soll nicht nur Wärme abführen, sondern auch die Luftfeuchtigkeit regeln. Beim Erreichen des gewünschten Feuchtigkeitsgrades sollte das System im Idealfall mit einem konstanten Wert der Luftfeuchtigkeit arbeiten, ohne dass weitere Maßnahmen erforderlich sind. Unglücklicherweise führt die Funktion der meisten Kühlsysteme zur Kondensation von Wasserdampf und damit zu einem Verlust an Luftfeuchtigkeit. Um den gewünschten Feuchtigkeitsgrad beizubehalten, ist daher eine zusätzliche Befeuchtung notwendig.

Diese Befeuchtung führt zu einer zusätzlichen Wärmelast der Klima-Einheit, was deren Kühlkapazität verringert und daher eine Überdimensionierung erforderlich macht.

In Serverräumen und Rechenzentren können Kühlsysteme, die Abluft und Zuluft durch Rohrsysteme trennen, dazu führen, dass keine Kondensation auftritt und daher keine ständige Befeuchtung notwendig wird. Dadurch kann die angegebene Kühlkapazität zu 100 % genutzt und die Effizienz maximiert werden.

In großen Datencentern mit starker Luftvermischung muss die Klima-Einheit Luft niedriger Temperatur abgeben, um die Rückführung verbrauchter Luft höherer Temperatur zu verhindern. Dies führt zu einer deutlichen Austrocknung der Luft und macht eine zusätzliche Befeuchtung notwendig. Dadurch ergibt sich wiederum ein deutlicher Verlust der Leistung und Kapazität des Kühlsystems. Aus diesem Grund muss das Klima-System um bis zu 30 % überdimensioniert werden.

Die erforderliche Überdimensionierung einer Klima-Einheit reicht daher von 0 % für kleine Systeme mit geführter Abluftrückführung bis zu 30 % für Systeme mit einem hohen Vermischungsgrad innerhalb des Raums. Weitere Informationen über die Befeuchtung finden Sie im APC-White Paper/Weißbuch Nr. 58, „Humidification Strategies for Data Centers and Network Rooms“ (z.Zt. nur auf Englisch verfügbar).

Dimensionierung der Klimaanlage

Nachdem die Anforderungen an die Kühlung bestimmt sind, kann das Klimasystem dimensioniert werden. Dabei sind die folgenden Faktoren zu berücksichtigen, die bereits zuvor in diesem Dokument beschrieben wurden.

Die Größe der Kühllast aus den Geräten (einschließlich Stromversorgung)
Die Größe der Kühllast aus dem Gebäude
Überdimensionierung zur Befeuchtung
Überdimensionierung aus Redundanzzwecken
Überdimensionierung für zukünftige Anforderungen

Die einzelnen Lasten dieser Faktoren (in Watt) müssen addiert werden, um die Gesamtlast zu erhalten.

©2003 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Erlaubnis des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in irgendeinem System zum Abrufen von Daten gespeichert werden. *www.apc.com* Version 2003-1

Ergebnisse

Die Bestimmung der Kühlanforderungen für IT-Systeme reduziert sich auf einen einfachen Vorgang, den Mitarbeiter ohne besondere Schulung durchführen können. Der Vorgang wird einfacher, wenn sämtliche Leistungs- und Kühlangaben in Watt ausgedrückt werden. Als Faustregel gilt, dass ein Klima-System das 1,3-fache der voraussichtlichen IT-Last als Leistung erbringen muss (plus zusätzliche Kapazität für Redundanzzwecke). Dieser Ansatz funktioniert in Serverräumen und kleinen bis mittleren Datencentern bis ca. 350 m^2 sehr gut.

In größeren Datencentern sind zur Auswahl der Klimaanlage jedoch nicht nur die Kühlanforderungen zu berücksichtigen. Gewöhnlich sind die Auswirkungen anderer Wärmequellen wie Außenwände und Dächer sowie die Rückzirkulation von erheblicher Bedeutung und müssen bei jeder Installation bedacht werden.

Der Entwurf des Leitungssystems für Ab- und Zuluft sowie der Einsatz von Doppelböden zeigt bedeutende Auswirkungen auf die Leistung des Gesamtsystems und beeinflusst auch die Temperaturverteilung innerhalb des Datencenters. Eine einfache, standardisierte und modulare Architektur des Luftumwälzsystems kann zusammen mit der hier beschriebenen, einfachen Methode zur Abschätzung der Abwärme den Konstruktionsaufwand für Datencenter erheblich reduzieren.

Über den Autor:

Neil Rasmussen ist einer der Gründer und Chief Technical Officer von American Power Conversion. Bei APC arbeitet Neil Rasmussen mit dem weltgrößten F&E-Budget für die Stromversorgungs-, Kühlungs- und Rack-Infrastruktur kritischer Netzwerke. Die wichtigsten Produktentwicklungszentren befinden sich in Massachusetts, Missouri, Rhode Island, Taiwan, Dänemark und Irland. Zurzeit leitet er die APC-Initiative zur Entwicklung von modular skalierbaren Datencenterlösungen.

Vor der Gründung von APC im Jahre 1981 graduierte Neil Rasmussen am MIT zum Bachelor und Master in Elektrotechnik. Hier veröffentlichte er auch seine Dissertation zur Analyse der 200-MW-Stromquelle des Tokamak-Fusionsreaktors. Von 1979 bis 1981 arbeitete er bei den MIT Lincoln Laboratories an Schwungrad-Energiespeichersystemen und Solarstromtechnik.

©2003 American Power Conversion. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Erlaubnis des Copyright-Eigentümers verwendet, reproduziert, fotokopiert, übertragen oder in irgendeinem System zum Abrufen von Daten gespeichert werden. *www.apc.com* Version 2003-1