

# Gegenüberstellung von Warmgang- und Kaltgang- Einhausungen

Von John Niemann

**White Paper Nr. 135**

**APC**<sup>®</sup>  
by Schneider Electric

## Zusammenfassung

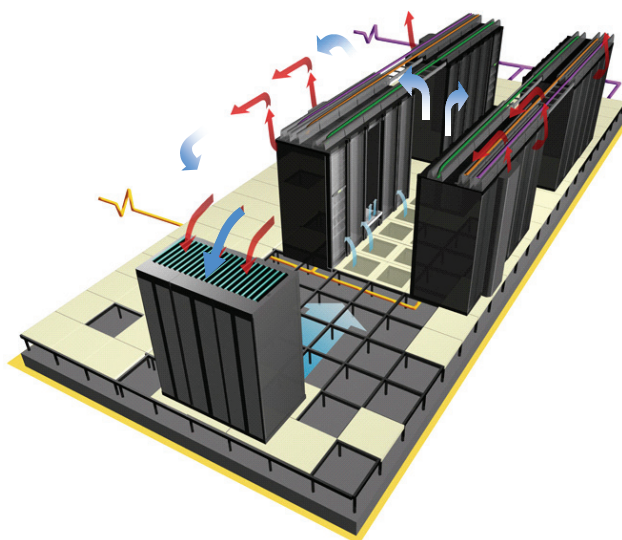
Die Berechenbarkeit und Effizienz von Kühlsystemen für Rechenzentren und Serverräume kann durch Systeme für die Warmgang- und Kaltgang-Einhausung erheblich verbessert werden. Beide Methoden verhindern die Vermischung von warmer und kalter Luft, weisen jedoch Unterschiede in der Implementierung auf, die sich erheblich auf ihre Effizienz auswirken. Das vorliegende Dokument beschreibt beide Ansätze und begründet, warum der Einsatz von Warmgang-Einhausungen bevorzugt werden sollte.

# Einleitung

Hohe Energiekosten und ein drastisch gesteigener Energieverbrauch zwingen Betreiber von Rechenzentren, ihre Kühlstrategien neu zu überdenken. Zwar sind herkömmliche Kühlverfahren (zum Beispiel die periphere Kühlung mit Kaltluftzufuhr über den Doppelboden) auch heute noch weit verbreitet, doch gibt es neue Ansätze wie die Warmgang- und Kaltgang-Einhausung, die zunehmend an Bedeutung gewinnen. Nach Ansicht von Bruce Myatt vom Beratungsunternehmen EYP Mission Critical ist die Trennung von Warmluft und Kaltluft „eine der viel versprechendsten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von neuen und bestehenden Rechenzentren“ (Mission Critical Magazine, Herbst 2007).

Bei Anwendern herrscht vielfach Unklarheit über die Funktionsweise dieser neuen Ansätze und über die Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten, die herkömmliche Kühlverfahren für Rechenzentren und Systeme für die Warmgang- bzw. Kaltgang-Einhausung aufweisen. Im vorliegenden Dokument werden die Unterschiede zwischen der Warmgang- und Kaltgang-Einhausung beschrieben und die Vorteile der Warmgang-Einhausung im Hinblick auf Effizienz, Flexibilität und Zuverlässigkeit erläutert. Die Kaltgang-Einhausung weist eine Reihe von Vorteilen gegenüber konventionellen Kühlverfahren auf, besitzt jedoch auch einige der von diesen Systemen bekannten Nachteile.

**Abbildung 1** – Bei der herkömmlichen Kühlung wird der gesamte Raum gekühlt; es kommt zu einer Vermischung von Warmluft und Kaltluft



# Konventionelle Kühlverfahren für Rechenzentren

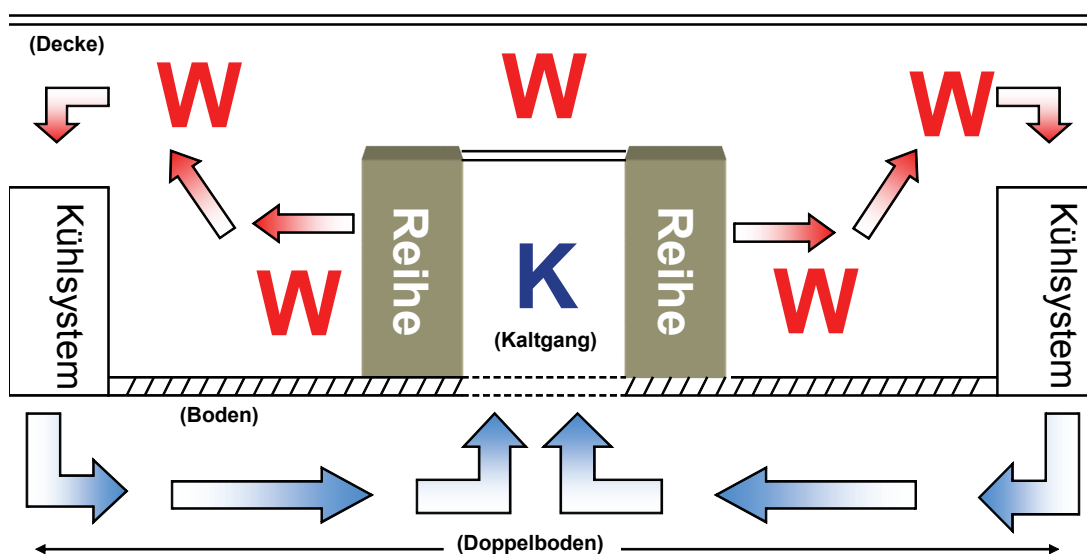
Konventionelle Kühlverfahren besitzen die folgenden Eigenschaften (siehe **Abbildung 1**):

- Einsatz einer Raumkühlung (die Kühlsysteme sind an den Raumwänden aufgestellt; die Rackreihen befinden sich in der Raummitte)
- Verwendung eines Doppelbodens (die Kaltluftzufuhr zu den Rackreihen erfolgt über den Zwischenraum im Doppelboden)
- Beim Zurückströmen der warmen Abluft der IT-Geräte zur Raumkühlung vermischt sich die Warmluft mit Kaltluft aus dem Raum
- Keine konsequente Anordnung der Rackreihen in Form von Warmgängen und Kaltgängen
- Stromversorgungs- und Kühlsysteme mit überdimensionierten Komponenten verringern die Effizienz des Rechenzentrums

Die Entwicklung und weite Verbreitung des konventionellen Kühlkonzepts ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen, die über viele Jahre gültig waren: geringe Rackdichten (weniger als 2 kW pro Rack), vernachlässigbare Energiekosten (kaum ein IT-Unternehmen machte sich Gedanken über die Stromrechnung) und die Gepflogenheit, überdimensionierte Hardware einzusetzen, um Kapazitätsengpässe oder Ausfälle zu vermeiden.

Heutzutage sind die meisten Rechenzentrumsexperten der Ansicht, dass die bislang üblichen Verfahren ineffizient, teuer für das Unternehmen und unwirtschaftlich im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz sind. Zwei in jüngerer Zeit entwickelte innovative Konzepte sollen diese Schwächen beseitigen: die reihenbasierte Kühlung und die Trennung von Warmluft- und Kaltluftströmen. Bei der reihenbasierten Kühlung werden die Kühlsysteme in unmittelbarer Nähe der Lasten aufgestellt (bzw. in die Serverreihen integriert), sodass keine Energie dafür aufgewendet werden muss, die Kaltluft über große Entfernungen an den Hindernissen im Doppelboden vorbei zu den zu kühlenden Lasten zu befördern.

**Abbildung 2 – Kaltgang-Einhausung in Verbindung mit Raumkühlung**



Die Einhausung von Warm- und Kaltgängen bietet die folgenden Vorteile:

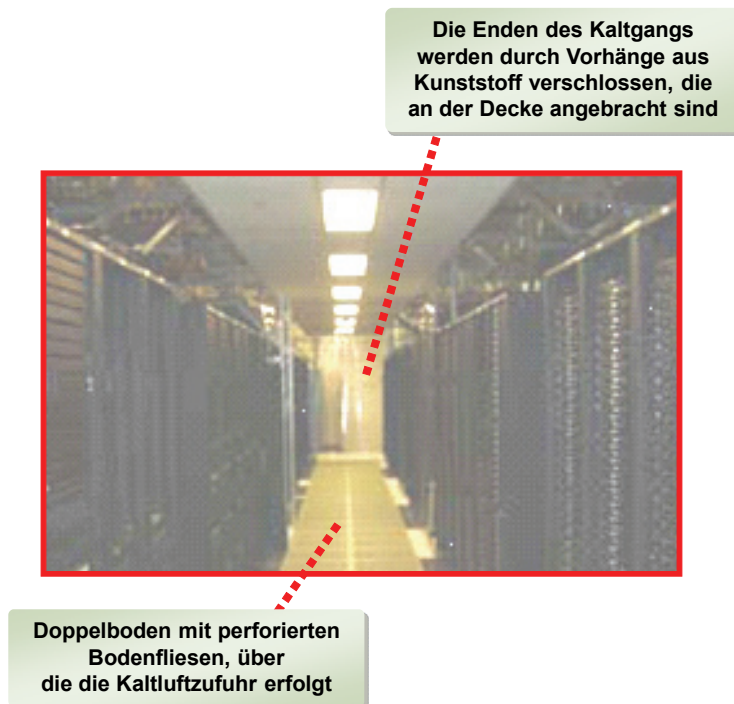
- **Die Temperatur der Kühlsysteme kann auf einen höheren Wert eingestellt werden (Einsparung von Energie); die Lasten werden dennoch zuverlässig gekühlt** – Bei herkömmlichen Kühlsystemen wird die Kühltemperatur auf einen wesentlich niedrigeren Wert eingestellt, als für die Kühlung der IT-Geräte erforderlich ist (ca. 13 °C). Hierdurch soll die Erwärmung der Kaltluft auf ihrem Weg vom Kühlsystem zur Vorderseite der Racks kompensiert werden.
- **Reduzierung der Kosten für Befeuchtung/Entfeuchtung** – Die warme Abluft der IT-Geräte wird direkt zum Kühlsystem zurückgeleitet; eine Entfeuchtung der Luft findet in der Regel nicht statt. Und wenn keine Feuchtigkeit entfernt wird, muss die Luft auch nicht wieder befeuchtet werden, wodurch Energie und Wasser eingespart werden.
- **Bessere Auslastung der physischen Infrastruktur erlaubt eine bedarfsgerechte Dimensionierung der Systeme, wodurch die Geräte effizienter arbeiten** – Überdimensionierte Systeme weisen höhere Festkosten als korrekt dimensionierte Geräte auf. Eine Überdimensionierung ist bei den konventionellen Kühlmethode jedoch unumgänglich, da Lüfter mit höherer Leistung verwendet werden müssen, um einerseits die Luft an Hindernissen im Doppelboden vorbeizubefördern und andererseits den notwendigen Druck im Doppelboden zu erzeugen.

## Kaltgang-Einhausung

Systeme für die Kaltgang-Einhausung werden im Allgemeinen in konventionellen Umgebungen mit raumbasierter Kühlung eingesetzt. In herkömmlichen Kühlumgebungen wird der gesamte Raum für die Rückführung warmer Luft zu den Kühlsystemen genutzt; die Zufuhr von kalter Luft zu den Kaltgängen erfolgt über den Doppelboden. Bei diesen Systemen sind die Kaltgänge vollständig isoliert; die Rückführung der warmen Abluft zu den Kühlsystemen erfolgt über den gesamten Raum. Durch die Einhausung der Kaltgänge werden die warmen und kalten Luftströme innerhalb des Rechenzentrums voneinander getrennt.

**Abbildung 2** zeigt die grundlegende Funktionsweise von Systemen für die Kaltgang-Einhausung. Einige Rechenzentrumsbetreiber verwenden selbst entwickelte Lösungen mit verschiedenartigen Vorhängen aus Kunststoff, die an der Raumdecke angebracht werden und den Kaltgang gegenüber dem Raum abschließen (siehe **Abbildung 3**). Von verschiedenen Herstellern werden mittlerweile Deckenelemente und Abschlusstüren angeboten, die zwischen zwei gegenüberliegenden Rackreihen montiert werden, um das Eindringen warmer Luft aus dem Rechenzentrum in die Kaltgänge zu verhindern.

**Abbildung 3 – Beispiel für ein selbst entwickeltes Kaltgangsystem**



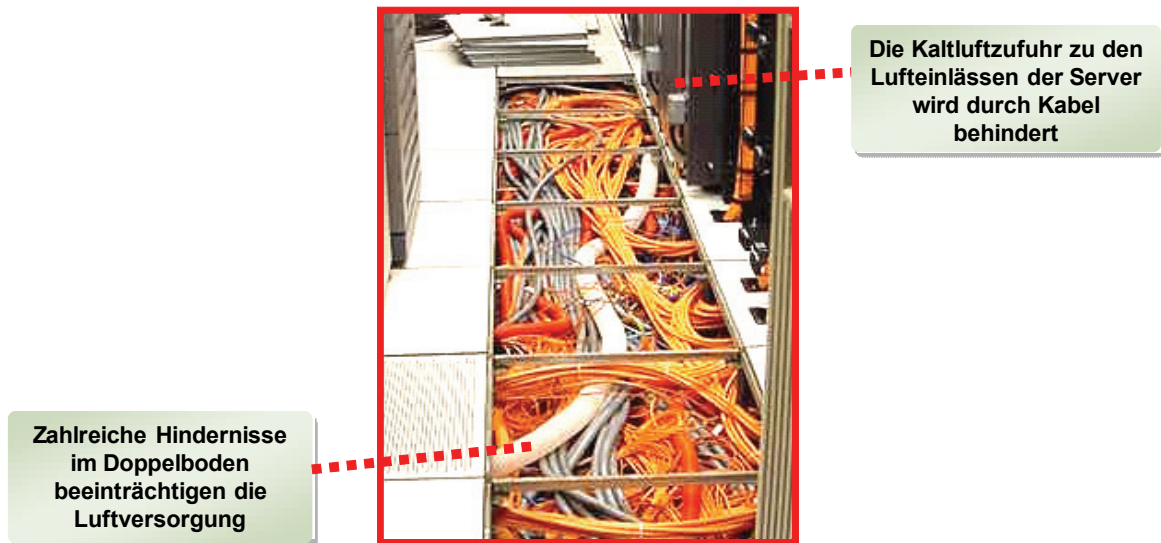
### Effizienzeinschränkungen von Systemen für die Kaltgang-Einhausung bei Einsatz in raumbasierten Kühlumgebungen

Systeme für die Kaltgang-Einhausung sind effizienter als herkömmliche Kühlverfahren, besitzen jedoch auch eine Reihe von Nachteilen, wenn sie in raumbasierten Umgebungen mit raumbasierender Kühlung eingesetzt werden:

- **Geringere Effizienz infolge der Entfernung zur Last und des Drucks, der für eine ordnungsgemäße Luftverteilung erforderlich ist** – Die geringere Effizienz der Raumkühlung ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die Kaltluft vom raumbasierten Kühlsystem zur entfernten Last befördert werden muss. Bei der Reihenkühlung hingegen befindet sich das Kühlsystem in unmittelbarer Nähe der zu kühlenden Last. Folglich muss wesentlich weniger Energie für den Transport der Kaltluft an den Zielort aufgewendet werden. Dies ist nicht der Fall bei Einsatz eines Kaltgangsystems in Verbindung mit reihenbasierter Kühlung. Im APC White Paper Nr. 130 [„Die Vorteile von reihen- und rackbasierten Kühlarchitekturen für Datencenter“](#) finden Sie eine detaillierte Gegenüberstellung der Reihen- und Raumkühlung.
- **Dichteeinschränkungen bei Kaltluftzufuhr über einen Doppelboden** – Bei Einsatz eines Kaltgangsystems ist die Dichte praktisch auf ca. 6 kW pro Rack beschränkt. Im APC White Paper Nr. 46 [„Cooling Strategies for Ultra-High Density Racks and Blade Servers“](#) (Kühlstrategien für hochdichte Racks und Blade-Server) werden die Gründe für diese Einschränkung ausführlich erläutert. Höhere Dichten können nur durch Anschaffung eines teuren, maßgefertigten Kühlsystems erreicht werden. Um die Kaltluftzufuhr über den Doppelboden zu optimieren, werden Kaltgangsysteme mit Bodenfliesen angeboten, die mit Gebläsen ausgestattet sind. Die Gebläse verbessern die Luftzufuhr zu Racks mit höheren

Gerätedichten, tragen jedoch auch zu einer Verringerung der Effizienz der Kaltgangsysteme bei. Die Gebläse erhöhen nicht nur den Energieverbrauch, sondern erwärmen auch die zugeführte Kaltluft. Die durch ein Kaltgangsystem erzielte Effizienzsteigerung wird somit durch die zusätzlich erforderlichen Gebläse in den Bodenfliesen wieder zunichte gemacht. Keinerlei Dichteeinschränkungen hingegen ergeben sich, wenn Betreiber von Rechenzentren Kaltgangsysteme in Verbindung mit reihenbasierter Kühlung einsetzen.

**Abbildung 4** – Im Laufe der Zeit nimmt die Anzahl der Hindernisse im Doppelboden von Rechenzentren zu



- **Berechenbarkeit des Doppelbodens** – Die Einhausung von Kaltgängen steigert die Berechenbarkeit der Kühlung, da sie die Vermischung von Warmluft und Kaltluft verhindert. Die Effizienz der Systeme hängt jedoch maßgeblich von der ordnungsgemäßen Funktion des Doppelbodens ab. Im Laufe der Zeit nimmt die Anzahl von Kabeln, Rohrleitungen und anderen Hindernissen im Doppelboden des Rechenzentrums zu. Diese Hindernisse erschweren die Kaltluftzufuhr zu den IT-Geräten. **Abbildung 4** zeigt deutlich, wie Hindernisse im Zwischenraum des Doppelbodens die zuverlässige Versorgung des Kaltgangs mit Kaltluft beeinträchtigen können. Die Berechenbarkeit der Kühlung wird hingegen gesteigert, wenn sich Rechenzentrumsbetreiber für den Einsatz eines Kaltgangsystems in Verbindung mit Reihenkühlung entscheiden, da in diesem Fall unter Umständen kein Doppelboden benötigt wird.

### Einschränkungen von Systemen für die Kaltgang-Einhausung in reihenbasierten Kühlumgebungen

Der reihenbasierte Einsatz von Systemen für die Kaltgang-Einhausung ist aus Effizienzgründen vorteilhafter als der konventionelle raumbasierte Ansatz. Doch auch hier gibt es eine Reihe von Einschränkungen:

- **Verfügbarkeit von Kaltluft bei einem Ausfall der Stromversorgung oder Kühlung** – Bei einem Ausfall der Stromversorgung und/oder Kühlung weist die Kaltgang-Einhausung den

Nachteil auf, dass für die Kühlung der Server nur ein eingeschränktes Kaltluftvolumen zur Verfügung steht. Aufgrund der geringeren Kaltluftmenge steigt die Temperatur bei einem Systemausfall rascher an. **Abbildung 5** enthält ein Berechnungsbeispiel für das Luftvolumen in der verschlossenen Kaltgang Einhausung und in den unverschlossenen Kaltgängen eines Rechenzentrums. Das Luftvolumen in den **unverschlossenen** Kaltgängen ist 17-mal größer als das Luftvolumen in der **verschlossenen** Kaltgang-Einhausung. Aufgrund der geringeren Luftmenge würden sich die Server in wesentlich kürzerer Zeit überhitzen (innerhalb von Sekunden anstatt von Minuten).

**Abbildung 5 – Vergleich des Kaltluftvolumens im verschlossenen Kaltgangsystem und in den unverschlossenen Kaltgängen**

### Berechnungsbeispiel: Kaltluftvolumen

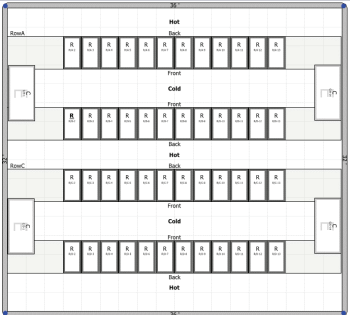
**Raumabmessungen:**

- 11,0 m x 9,4 m x 3,0 m
- Breite des Kaltgangs: 1,2 m
- Breite des Warmgangs: 0,9 m
- Rackhöhe: 42HE – 1,99 m
- Rackbreite: 0,6 m

**Volumen des verschlossenen Kaltgangsystems =**  
 $1,2 \text{ m} \times (0,6 \text{ m} \times 12(\text{Racks pro Reihe})) \times 1,99 \text{ m} = 17,2 \text{ m}^3$

**Raumvolumen (ohne Warmgänge) =**  
 $(11 \text{ m} \times 9,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}) - (0,9 \text{ m} \times (0,6 \text{ m} \times 12) \times 3 \text{ m}) = 294,06 \text{ m}^3$

Das Luftvolumen in unverschlossenen Kaltgängen ist **17-mal** größer als das Luftvolumen in der verschlossenen Kaltgang-Einhausung [ $17,2 \text{ m}^3 \times 17 = 292,4 \text{ m}^3$ ]



- **Um die Effizienz zu steigern, müssen alle Kaltgänge im Rechenzentrum durch ein Einhausungssystem verschlossen werden** – Wenn nur einige Kaltgänge im Rechenzentrum verschlossen werden, ist der Nutzen begrenzt, da die Vermischung von Kaltluft aus den unverschlossenen Gängen mit warmer Raumluft die erwarteten Einsparungen verringert. Die Effizienz des Kühlsystems nimmt durch die Luftvermischung ab (der Temperaturunterschied zwischen der zurückgeführten Warmluft und der Kühlturbine ist geringer). Um die Vermischung von warmer und kalter Luft zu minimieren und die Effizienz des Kühlsystems zu maximieren, müssen alle Kaltgänge verschlossen werden. Nur dann weist die warme Rückluft die optimale Temperatur für einen effizienten Betrieb der Kühlsysteme auf.
- **Wahrnehmung und Betrieb eines „heißen“ Rechenzentrums** – Gemäß der ASHRAE-Norm TC9.9 sollte die Einlasstemperatur von Servern zwischen 20 und 25 °C liegen. Bei Einsatz von Kaltgang-Einhausungen erwärmt sich die Luft im übrigen Raum auf einen darüber liegenden

Wert (mehr als 27 °C; in einigen Fällen sogar bis zu 38 °C), der beim Betreten des Raums als unangenehm empfunden wird. Die meisten Menschen reagieren besorgt, wenn sie in einen derart warmen Raum kommen; ein längerer Aufenthalt im Raum ist fast unmöglich. Hier muss ein Umdenkenprozess stattfinden: die Menschen müssen sich klarmachen, dass diese hohen Temperaturen „normal“ sind und keinesfalls auf einen bevorstehenden Systemausfall hinweisen. Mitarbeitern, die nicht mit hohen Raumtemperaturen in Rechenzentren vertraut sind, fällt dieses Umdenken unter Umständen schwer.

In einem Rechenzentrum mit hohen Raumlufttemperaturen müssen besondere Vorkehrungen für alle IT-Geräte getroffen werden, die nicht in Racks installiert sind. Diese Geräte können nicht in ein Kaltgangsystem integriert werden. Da der Raum bei Einsatz eines Kaltgangsystems ein Warmluftreservoir darstellt, müssen eine Reihe von Geräten (z. B. Bandlaufwerke und Standalone-Server) über spezielle Luftkanäle verfügen, um kalte Luft aus den verschlossenen Kaltgängen anzusaugen. Zusätzlich muss überprüft werden, ob elektrische Anschlüsse, Beleuchtung, Feuerlöschanlagen und andere Systeme im Raum für einen Betrieb bei höheren Temperaturen ausgelegt sind.

## Warmgang-Einhausung

Systeme für die Warmgang-Einhausung umschließen einen Warmgang, in den die warme Abluft von IT-Geräten geleitet wird. Die Systeme nehmen die Warmluft auf und kühlen diese, bevor sie wieder zu den Lufteinlässen der IT-Geräte geleitet wird. Diese in sich geschlossenen Systeme sind für die Kühlung von IT-Lasten hoher Dichte geeignet.

Die Vermischung von Warmluft- und Kaltluftströmen im Rechenzentrum verringert die Verfügbarkeit von IT-Geräten. Die Effizienz und Kapazität von Klimaanlage für Computerräume wird durch die Rückführung möglichst warmer Luft zu diesen Systemen gesteigert. Warmgang-Einhausungen sorgen für eine ordnungsgemäße Luftverteilung durch vollständige Trennung der Zuluft- und Abluftwege.

Das Warmgangeinhausungsprinzip besitzt ähnliche Vorteile wie das Kaltgangeinhausungsprinzip und vermeidet gleichzeitig verschiedene Stolperfallen dieses Systems. Wenn bei der Nachrüstung eines Rechenzentrums die Aspekte Effizienzsteigerung und Senkung der Betriebskosten im Vordergrund stehen, sollte die konventionelle raumbasierte Kühlung zugunsten eines anderen Ansatzes aufgegeben werden. Eine Kaltgang-Einhausung ist bereits eine „bessere“ Lösung als ein konventionelles System; die „beste“ Lösung jedoch ist eine Warmgang-Einhausung..

Ein System für die Warmgang-Einhausung verfügt über Türen an beiden Enden der Rackreihen und Deckenelemente, die die warme Luft im Gang einschließen, über ein Reihenkühlsystem mit Lüftern variabler Drehzahl und eine temperaturgesteuerte Luftzufuhr zum Kaltgang (siehe **Abbildung 6**).

**Abbildung 6 – Warmgangsystem zur Kühlung eines eigenständigen Bereichs**



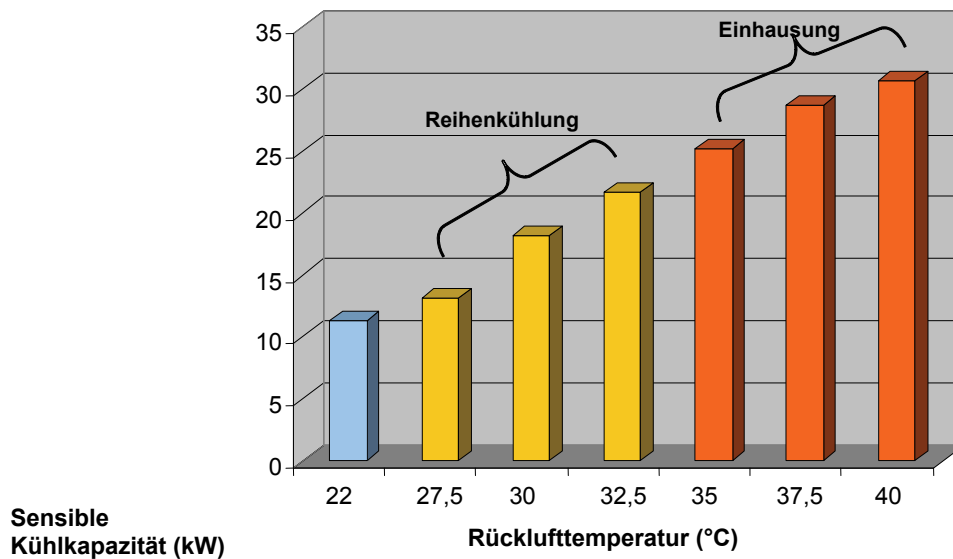
### Effizienzvorteile des Warmgangsystems

**Effizienz** – Das Warmgangsystem zeichnet sich durch höhere Effizienz aus, da die Temperatur im Warmgang auf einem höheren Wert gehalten wird. In einer typischen Serverumgebung mit hoher Gerätedichte beträgt der Temperaturunterschied zwischen der Abluft der Server und der Raumluft im Allgemeinen etwa 17 °C. Wird die Raumlufttemperatur entsprechend der ASHRAE-Norm TC9.9 auf 22 °C gehalten, weisen die Server bei dieser Temperaturdifferenz eine Ablufttemperatur von 39 °C auf.

Da die Kühlsysteme in einer typischen Warmgangumgebung normalerweise einen etwas höheren Luftdurchsatz als die Server besitzen, wird eine geringe Menge Raumluft in den Warmgang angesaugt. Hierdurch kann die Temperatur der Rückluft zu den Kühlsystemen geringfügig (um etwa 1 °C) auf 38 °C absinken. Aufgrund der hohen Rücklufttemperatur (38 °C) wird der Wärmeaustausch an der Kühlturbine der Kühlanlage optimiert, das Kühlsystem besser ausgelastet und die Effizienz insgesamt gesteigert. **Abbildung 7** zeigt, wie sich die Höhe der Rücklufttemperatur auf den sensiblen Anteil der Kühlleistung (die Fähigkeit eines Kühlsystems, Wärme aus der Luft rauszuziehen) auswirkt.

Für praktisch alle Kühlsysteme gilt, dass ihre Effizienz mit höheren Rücklufttemperaturen zunimmt. Zwar gibt es Unterschiede bei der maximal zulässigen Rücklufttemperatur der einzelnen Systeme, doch grundsätzlich steigt die Kapazität aller Kühlsysteme, wenn die Rückluft wärmer ist.

Bei einem Warmgangsystem für hochdichte Server beträgt die Temperatur im Warmgang in der Regel 38 °C. In einer Umgebung mit verschlossenen Kaltgängen müsste die Temperatur im gesamten Raum auf 38 °C gehalten werden, wenn derselbe Effizienzgrad erreicht werden soll. Bei Einsatz eines Kaltgangsystems kann zwar mit hohen Rücklufttemperaturen gearbeitet werden, doch würde kaum ein Rechenzentrumsbetreiber den gesamten Raum auf 38 °C aufheizen, um dieselbe Effizienz wie bei Verwendung eines Warmgangsystems zu erreichen.



\* APC-Reihenkühlsystem InRow RC

Ist die Temperatur eines Rechenzentrums beispielsweise auf einen Wert von 24 °C eingestellt, steigt bei Installation einer Kaltgang-Einhausung die Raumtemperatur außerhalb des verschlossenen kalten Gangs an, weil sich die warme Abluft der IT-Geräte auf ihrem Weg zum Einlass des Kühlsystems mit der Luft außerhalb des verschlossenen kalten Gangs vermischt. Bei einer Warmgang-Einhausung hingegen bleibt die warme Luft im Gesamtsystem eingeschlossen. Eine Warmgang-Einhausung gibt keine warme Luft an die Umgebung ab; die Effizienz des vorhandenen Kühlsystems wird somit nicht geschmälert.

Eine Warmgang-Einhausung kann ohne Änderungen der vorhandenen Kühlarchitektur eines Rechenzentrums integriert werden. Bei Einsatz einer Reihenkühlösung müssen (im Unterschied zu einer raumbasierten Lösung) keine speziellen Luftkanäle installiert werden, und auch die vorhandenen Heizungs-, Klima- und Lüftungssysteme müssen nicht an die höheren Rücklufttemperaturen angepasst werden.

**Höhere Verfügbarkeit** – Das Berechnungsbeispiel für das Kaltluftvolumen in **Abbildung 5** verdeutlicht, wie groß der Unterschied zwischen dem Kaltgangvolumen und dem Raumvolumen ist (das Luftvolumen in unverschlossenen Kaltgängen ist 17-mal größer als das Luftvolumen im verschlossenen Kaltgangsystem (Kaltgang-Einhausung)). Dieser Unterschied wirkt sich erheblich auf das Verhalten der Server (d. h. auf ihre Laufzeit) bei einem Ausfall der Kühlung aus. In einem Raum mit unverschlossenen Kaltluftgängen beträgt die Laufzeit mehrere Minuten; bei Einsatz einer Kaltgang-Einhausung reduziert sich dieser Wert unter Umständen auf wenige Sekunden. Bei Verwendung eines Warmgangsystems bleibt die Warmluft im Gang eingeschlossen; die Luft in den übrigen Bereichen des Rechenzentrums

wird nicht erwärmt. Da die Server Luft aus dem großen Kaltluft-Pool außerhalb des verschlossenen Warmgangs ansaugen können, verlängert sich ihre Laufzeit.

**Tabelle 1 – Zusammenfassung der Merkmale von Kaltgang- und Warmgang-Einhausungen**

Merkmal	Kaltgang-Einhausung	Warmgang-Einhausung	Bemerkungen
<b>Effizienzsteigerung</b>	Ja	Ja	Warmgang-Einhausungen sind effizienter als Kaltgang-Einhausungen, weil sie aufgrund der Trennung der warmen Luft im Gang und der kalten Luft im Raum mit höheren Rücklufttemperaturen arbeiten.
<b>Für die Kaltlufttemperatur kann ein höherer Sollwert eingestellt werden, ohne dass sich die übrigen Bereiche des Rechenzentrums erwärmen</b>	Nein	Ja	Bei Warmgang-Einhausungen können höhere Sollwerte für die Kühltemperaturen eingestellt werden, ohne dass die Arbeitsumgebung als unangenehm warm empfunden wird. Werden die Sollwerte einer Kaltgang-Einhausung erhöht, steigt die Temperatur im Rechenzentrum auf unangenehm hohe Werte an.
<b>Nutzung der maximalen Anzahl potenzieller Tage mit freier Kühlung</b>	Nein	Ja	Durch die Erhöhung des Sollwerts der Kühltemperatur ermöglichen beide Systeme eine stärkere Nutzung der freien Kühlung. Bei einer Kaltgang-Einhausung führt die Sollwerterhöhung jedoch zu einem Anstieg der Raumtemperatur, was im Hinblick auf die Nutzung freier Kühlung unvorteilhaft ist.
<b>Raumneutrale Lösung</b>	Nein	Ja	Warmgang-Einhausungen können ohne Änderungen der vorhandenen Kühlarchitektur installiert werden, Kaltgangsysteme erfordern Anpassungen der Infrastruktur.
<b>Problemlose Verwendung mit einem Raumkühlsystem</b>	Ja	Nein	Ein Kaltgangsystem ist die bevorzugte Lösung, wenn ein raumbasiertes Kühlsystem mit freier Rückluftführung verwendet wird, bei dem die Rückluft aus dem Raum angesaugt wird. Eine Warmgang-Einhausung ohne Reihenkühlung hingegen erfordert spezielle Luftkanäle oder einen Deckenschacht für die Führung der Rückluft.
<b>Einsatz in Rackumgebungen mit hoher Gerätedichte</b>	Nein	Ja	Kaltgang-Einhausungen werden häufig in Räumen mit einem Doppelboden installiert. Zur Unterstützung höherer Gerätedichten müssen unwirtschaftliche Bodenfliesen mit Zusatzgebläse verwendet werden.
<b>Raumneutrales Design</b>	Nein	Ja	Eine Warmgang-Einhausung ist raumneutral – es besitzt keinerlei Auswirkungen auf die Temperatur im Raum. Bei Einsatz einer Kaltgang-Einhausung erwärmt sich die Luft außerhalb der verschlossenen Gänge.
<b>Negative Auswirkung auf die Zulufttemperatur von</b>	Ja	Nein	Da bei einer Kaltgang-Einhausung die Kaltluft im Gang eingeschlossen bleibt,

IT-Geräten, die nicht in Racks installiert sind			steigt die Temperatur in den übrigen Bereichen des Rechenzentrums an. IT-Geräte, die sich nicht in Kaltgängen befinden, müssen daraufhin überprüft werden, ob sie für einen Betrieb bei hohen Temperaturen geeignet sind.
---	--	--	---

## Brandschutzüberlegungen

Je nach Standort eines Rechenzentrums müssen unter Umständen Branddetektionssysteme und/oder Feuerlöschanlagen innerhalb des Bereichs installiert werden, der durch eine Warmgang-Einhausung bzw. Kaltgang-Einhausung umschlossen ist. Als Feuerlöschsysteme werden primär Sprinkleranlagen eingesetzt, die durch einen Temperaturanstieg aktiviert werden. Als sekundäres System werden häufig Anlagen mit gasförmigem Löschmittel verwendet; die Auslösung erfolgt hier in der Regel durch Rauchmelder. Die Norm NFPA 75 des amerikanischen Brandschutz-Verbands National Fire Protection Association legt nicht fest, ob in einer Warmgang- bzw. Kaltgang-Einhausung Sprinkleranlagen oder Gaslöschanlagen installiert werden sollten. Sie enthält jedoch die beiden folgenden Anforderungen, die auf Warmgang- und Kaltgang-Einhausungen angewendet werden können.

- Gehäuse von automatischen Datenspeichersystemen, die brennbare Medien enthalten und eine Gesamtkapazität von mehr als 0,76 m<sup>3</sup> aufweisen, müssen jeweils durch eine automatische Sprinkleranlage oder eine Gaslöschanlage mit verzögerter Auslösung geschützt werden. (Hinweis: Diese Forderung ist wichtig, weil sie für die Branddetektion und -bekämpfung in geschlossenen Bereichen von Rechenzentren relevant ist).
- Die Wartung von automatischen Sprinkleranlagen für IT-Räume bzw. IT-Bereiche sollte nach NFPA 25 erfolgen (*Standard für die Inspektion, Funktionsprüfung und Wartung von Wasser-Feuerlöschanlagen*).

In vielen Rechenzentren werden bereits Warmgang-Einhausungen mit Sprinkleranlagen und Gaslöschanlagen eingesetzt, die von Prüfinstitutionen abgenommen wurden. Welche Brandschutzbestimmungen im Einzelfall gelten, kann bei den zuständigen örtlichen Behörden erfragt werden.

## Fazit

Ausschlaggebend für die Effizienz aller Kühlstrategien für Rechenzentren ist die ordnungsgemäße Trennung der Warmluft- und Kaltluftströme im Raum. Systeme für die Warmgang-Einhausung sind eine effizientere Lösung als Kaltgang-Einhausungen, da sie die Abführung der wärmsten Luft direkt zu den Kühlsystemen ermöglichen. Gleichzeitig können höhere Sollwerte für die Kühltemperaturen eingestellt werden, ohne dass das Raumklima als unangenehm empfunden wird.

Da eine Warmganglösung keine Auswirkungen auf ihre Umgebung besitzt, kann sie an beliebigen Stellen im Raum installiert werden. Die Einlassöffnungen der IT-Geräte befinden sich außerhalb des verschlossenen Gangs und können somit kühle Luft aus dem Raum ansaugen, falls das Kühlsystem

ausfallen sollte. In diesem Fall steht mehr Zeit für die Umschaltung auf eine Notstromversorgung oder das ordnungsgemäße Herunterfahren der Server zur Verfügung.

Sowohl die Warmgang-Einhausung als auch die Kaltgang-Einhausung zeichnen sich durch eine höhere Leistungsdichte und Effizienz als herkömmliche Kühlverfahren aus. Durch den Einsatz eines Kaltgangsystems in einer konventionellen Kühlungsumgebung mit raumbasierten Kühlsystemen kann bereits eine Effizienzsteigerung erreicht werden. Am effizientesten und flexibelsten sind jedoch Warmgangsysteme mit einer reihenbasierten Kühlarchitektur. Sie steigern zudem die Ausfallsicherheit der Lasten, unterstützen höhere IT-Gerätedichten und verursachen keinen Temperaturanstieg im Rechenzentrum. Da die meisten Menschen die Arbeit an einem sehr warmen Arbeitsplatz als unangenehm empfinden, ist das Kaltgangsystem keine geeignete Kühllösung. Bei vielen Projekten für die Neuerrichtung oder Nachrüstung von Rechenzentren mit hoher Gerätedichte werden deshalb bevorzugt Warmgang-Einhausungen mit reihenbasierter Kühlung eingesetzt, um die Effizienz zu maximieren.

## Über den Autor

**John Niemann** ist Produktlinien-Manager für Reihenkühlsysteme und Kleinsystemkühlösungen bei American Power Conversion (APC) und verantwortlich für die Aufgabenfelder Planung, Support und Marketing im Zusammenhang mit diesen Produktreihen. Seit 2004 ist Niemann Leiter des Bereichs Produktmanagement für alle InRow-Kühlsysteme von APC. Er verfügt über 12 Jahre Erfahrung im Bereich der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik (HKL). Zu Beginn seiner Karriere arbeitete er bei Herstellern von HKL-Lösungen für gewerbliche und industrielle Kunden und befasste sich vorwiegend mit kundenspezifischen Klima- und Kältesystemen, insbesondere unter den Aspekten Energierückgewinnung und Filtration für kritische Umgebungen. Er verfügt über Erfahrung in der HKL-Branche in den Bereichen Konstruktion und Entwicklung, Produktmanagement und technischer Vertrieb. Niemann ist Mitglied des ASHRAE (amerikanischer Verband für Kälte-, Heizungs- und Klimatechnik) und des Branchenkonsortiums The Green Grid. Er besitzt einen Abschluss der Fachrichtung Maschinenbau der Washington University in Saint Louis (Missouri).