

Verbesserung der Rackkühlung durch Einsatz von Abdeckblechen

Neil Rasmussen

White Paper Nr. 44

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Version 1

Zusammenfassung

Vertikal verlaufender, nicht genutzter Raum in offenen und geschlossenen Racks führt dazu, dass erhitzte Kühlluft nicht abgeführt wird, sondern gerätenah rezirkuliert, sodass die Geräte und Maschinen unnötig heiß werden. Die Installation von Abdeckblechen, auch Blanking Panels genannt, kann dieses Problem lösen. In diesem White Paper wird die Wirkungsweise von Abdeckblechen erläutert und ihr Nutzen quantifiziert.

Einleitung

Geräte der Informationstechnik, die in Racks montiert sind, kühlen sich selbst, indem sie umgebende Raumluft ansaugen, die sich im Datacenter oder im Serverraum befindet. Wenn die erhitzte Abluft direkt zum Lufteinlass zurückströmen kann, statt dass sie abgeführt wird, kann eine Überhitzung der Geräte eintreten. Datacenter und Serverräume sollten so eingerichtet sein, dass die Geräte die erhitzte Abluft nicht erneut ansaugen können. Das kann durch verbreitet eingesetzte Installationsmethoden bewirkt werden oder durch Systeme, die speziell konzipiert sind.

Innerhalb des Racks besteht durchaus die Möglichkeit, dass heiße Abluft zum Lufteinlass der Geräte zurückströmt. Dies geschieht hauptsächlich dann, wenn die erhitzte Abluft über oder unter den Geräten zurückströmt und zurück Lufteinlass gelangt. Dieses Phänomen wird von den Anwendern meist nicht beachtet, ist jedoch der Hauptgrund dafür, dass es in Datacentern zur Überhitzung von Geräten kommt.

Das vorliegende White Paper erklärt, wie dieses Problem entsteht, zeigt an Beispielen die Wirkung und macht deutlich, dass dieses Problem die Kühlung von Geräten erheblich beeinträchtigt. In diesem Zusammenhang wird dargelegt, worin die Vorteile von Abdeckblechen bestehen, wie sie wirken und wie groß die Wirkung ist.

Die Rezirkulation erhitzter Abluft

Die Hersteller von IT-Anlagen wissen um die Überhitzungsproblematik durch gerätenahe Rezirkulation der Abluft. Und sie kennen den Nutzen, der durch den Einsatz von Abdeckblechen entsteht. Tatsächlich weisen IT-Hersteller die Anwender darauf hin, dass es notwendig ist, Abdeckbleche zu benutzen. Nachfolgend ein Auszug aus einem Handbuch zur Serverinstallation der Firma Compaq (Textwiedergabe sinngemäß):

Abdeckbleche

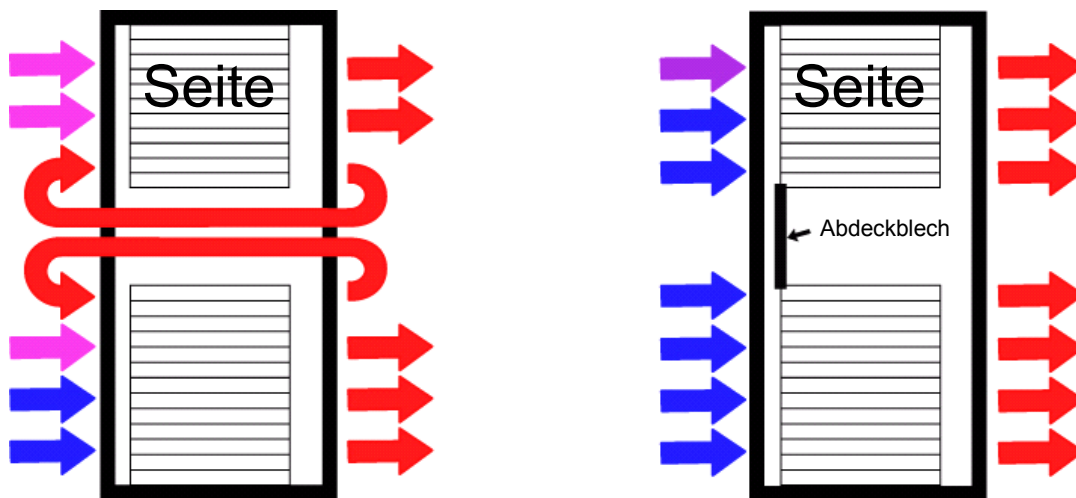
VORSICHT: Leere, vertikal verlaufenden Zwischenräume in Racks immer mit Abdeckblechen abdecken, damit die ausreichende Belüftung sichergestellt ist. Sind Leerräume in Racks nicht durch Abdeckbleche abgedeckt, kann dies zu mangelhafter Kühlung führen, sodass die Geräte zu heiß werden und dadurch beschädigt werden können. Bleiben Schächte im Rack frei, weil sie nicht mit Gerätekomponenten bestückt sind, beeinflusst dies den Luftstrom durch das Rack und zwischen den Komponenten. Decken Sie diese freien Schächte durch Abdeckbleche ab, damit eine ordnungsgemäße Belüftung stattfindet.

Abbildung 1 zeigt, wie die Luftströmung in einem typischen Rack normalerweise verläuft. **Abbildung 1A** zeigt den Luftstrom, wenn keine Abdeckbleche installiert sind. **Abbildung 1B** macht deutlich, wie die installierten Abdeckbleche den Luftstrom beeinflussen.

Abbildung 1 – Abdeckbleche und die Wirkung auf den Luftstrom

1A: Ohne Abdeckbleche

1B: Mit Abdeckblechen



Entsteht durch gerätenahes Rezirkulieren der Kühlbluft eine Überhitzungsproblematik und wird diese Rezirkulation nicht abgestellt, dann ist die einzige praktische Lösung für dieses Problem das Absenken der Raumlufttemperatur, um dadurch einen Ausgleich zu schaffen. Dies belastet die Klimaanlage, führt bei der Hauptklimaanlage zur Erzeugung zusätzlichen Kondensats (Wasser) und macht eine ausgleichende Luftbefeuchtung notwendig. Dies wiederum führt zu beträchtlich höherem Stromverbrauch mit entsprechenden Kosten. Außerdem kann das belastend für das Raumklima im Datacenter sein und damit für das Personal.

Warum werden Abdeckbleche nicht generell eingesetzt?

Es gibt zwei Hauptgründe, warum Abdeckbleche nicht generell eingesetzt werden. Der erste ist mangelhafte Kenntnis. Viele verstehen nicht, welche Rolle ein Abdeckblech innerhalb eines Racks spielt. Manche denken, dass Abdeckbleche nur aus ästhetischen Gründen eingesetzt werden. Dieses Dokument will anhand experimenteller Nachweise den Sachverhalt klären.

Der zweite Grund besteht in der Schwierigkeit der Installation. Konventionelle Abdeckblech zum Einschrauben erfordern zum Installieren bis zu vier Schrauben, vier Gewindebuchsen und vier Käfigmuttern. Das nimmt Zeit in Anspruch und bereitet zusätzliche Umstände, ein Rack mit dessen Geräteeinschüben in Betrieb zu nehmen. Beim Installieren von Einschraub-Abdeckblechen ist menschliches Fehlverhalten ein ernst zu nehmender Faktor. Kleine Käfigmuttern, Schrauben und Bleche werden bei der Montage einfach weggelassen, um Zeit zu sparen. Dazu kommt, dass herkömmliche Einschraub-Abdeckbleche normalerweise in Sätzen mit unterschiedlichen HE-Rastern ausgeliefert werden. Zum Beispiel kann ein Zubehörsatz 1 HE-, 2 HE-, 4 HE- und 8 HE-Abdeckbleche enthalten. Das macht die Montage kompliziert. Denn man muss nicht nur die richtige Anzahl an Abdeckblechen für die gesamte Höhe zur Hand haben, man benötigt außerdem die

richtige Kombination von Abdeckblechgrößen, um die Schächte ordnungsgemäß abzudecken. Diese Faktoren können den Installationsvorgang verlangsamen, und das bei einem so zeitkritischen Vorgang, um den es sich bei der Installation oder Umkonfiguration in einem Datacenter immer handelt.

Abdeckbleche zum Einrasten, die auf beliebige Rack-Schächte passen, sodass man sie ohne Werkzeug installieren kann, reduzieren die beanspruchte Arbeitszeit und senken die Kosten entsprechend. Bei der Vereinheitlichung der Abdeckblechgröße auf 1 HE können Racks zusätzlich leichter bestückt werden, viel leichter, als wenn man für die leeren Schächte aus einem Vorrat verschieden großer Abdeckbleche jeweils die passenden Größen (1 HE, 2 HE, 4 HE oder 8 HE) suchen und zuordnen muss. Ist zum Beispiel in einem Rack ein 3 HE-Schacht zu füllen und sind nur zwei Abdeckbleche in der Größe 2 HE übrig, dann kann diese Lücke nicht mit dem Material gefüllt werden, das gerade zur Hand ist. Die Installation kann erst dann fertig gestellt werden, nachdem ein Abdeckblech der Größe 1 HE bestellt und geliefert worden ist.

Ein Beispiel zur Lösung dieses Problems ist das Abdeckblech APC AR8136BLK, das in den **Abbildungen 2a und 2b** gezeigt wird.

Abbildung 2a – Beispiel für ein modulares Einrast-Abdeckblech



Abbildung 2b – Einrastmechanismus eines Abdeckblechs



Denken Sie allein an die Material- und Arbeitskosten, die anfallen, wenn in einem Datacenter mit 100 Racks die Abdeckbleche installiert werden müssen und wenn man dabei davon ausgeht, dass in jedem Rack im Durchschnitt 10 Höheneinheiten leerer Schachtraum abzudecken ist (also mit Abdeckblechen für insgesamt 1000 Höheneinheiten). **Tabelle 1** zeigt, welche Kosten bei der Installation von Einrast-Abdeckblechen in der Größe 1 HE anfallen, im Vergleich zu den Kosten bei der Installation von herkömmlichen, unterschiedlich großen Einschraub-Abdeckblechen. Bei Verwendung von Einrast-Abdeckblechen belaufen sich die Einsparungen bei den Materialkosten auf ca. 41 %, bei den Arbeitskosten auf 97 %, sodass die Kosten insgesamt um 48 % gesenkt würden.

Tabelle 1 – Kostenanalyse für Abdeckbleche für ein Datacenter mit 100 Racks

	1 HE Einrast- Abdeckblech	Herkömmliche Einschraub-Abdeckbleche				
		Packung mit unter- schied- lichen Größen	1 HE Abdeck- bleche	2 HE Abdeck- bleche	4 HE Abdeck- bleche	8 HE Abdeck- bleche
Kosten für ein typisches Abdeckblech per HE	4,00 €	4,67 €	12,00 €	7,25 €	6,13 €	4,00 €
Abdeckblech-Kosten für 1000 HE	4.000,00 €	4.666,67 €	12.000,00 €	7.250,00 €	6.125,00 €	4.000,00 €
Durchschnittliche Installations- Arbeitszeit pro Abdeckblech (Sekunden)	4,3	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
Arbeitszeit für die Installation von 1000 HE Abdeckblechen	1,2	22,2	83,3	41,7	20,8	10,4
Installationskosten für 1000 HE bei einem Stundensatz von 25 € / Stunde	29,76 €	555,56 €	2.083,33 €	1.041,67 €	520,83 €	260,42 €
Materialkosten						
Materialkosten insgesamt für 1 HE Einrast-Abdeckbleche	4.000,00 €					
Durchschnittliche Materialkosten insgesamt für Einschraub- Abdeckbleche	6.808,33 €					
Arbeitskosten						
Arbeitskosten insgesamt bei 1 HE Einrast-Abdeckblechen	29,76 €					
Arbeitskosten insgesamt bei Einschraub-Abdeckblechen	892,36 €					
Einsparung						
% Einsparung Materialkosten bei 1 HE Einrast-Abdeckblechen	41,2%					
% Einsparung Arbeitskosten bei 1 HE Einrast-Abdeckbleche	96,7%					
Im Durchschnitt geht die Installation von 1 HE Einrast-Abdeckblechen 30 mal schneller als die von herkömmlichen Einschraub-Abdeckblechen						
Analyse-Prämissen:						
Rechenzentrum mit 100 Racks mit jeweils 10 HE abzudeckendem Zwischenraum oder 1000 HE Abdeckblechen insgesamt						
Für (42) 1 HE Einrast-Abdeckbleche 3 Minuten Arbeitszeit für die Installation						
Für 1 herkömmliches Einschraub-Abdeckblech 5 Minuten Arbeitszeit für die Installation						
Herkömmliche Einschraub-Abdeckbleche haben jeweils 4 Löcher						
Die Packung mit unterschiedlichen Größen enthält jeweils 1 Abdeckblech in der Größe 1 HE, 2 HE, 4 HE und 8 HE – für 1000 HE werden 67 Packungen benötigt						

Weitere Belüftungshemmnisse

Das Fehlen von Abdeckblechen in unbenutzten Geräteschächten ist nur ein Faktor, der dazu führen kann, dass Kühlungsabluft gerätenah rezirkuliert. Es gibt auch Geräte, deren Rack-Installation dazu führt, dass erhitzte Abluft auf die Frontseite des Racks zurückströmen kann. Einige Racks sind zusätzlich so konstruiert, dass einströmende und ausströmende Luft nicht hinreichend getrennt wird. **Tabelle 2** gibt einen Überblick über die Faktoren, die zu fehlgeleiteten Luftströmen führen, und gibt an, wie man diese unter Kontrolle bringen kann. Sie können diese Aufstellung als Checkliste benutzen, um die Installationen in einem bestehenden Datacenter zu überprüfen. Sie gibt Ihnen auch Orientierung, worauf Sie achten sollten, wenn Sie Pläne und Einrichtungen für Datacenter oder Serverräume zu beurteilen haben. **Tabelle 2** macht deutlich, dass Sie bei der Auswahl von Ausstattungen wie Racks und Monitore die Frage der Belüftung nicht außer Acht lassen sollten. Die in **Tabelle 2** aufgeführten Maßnahmen sind wichtig, damit Racks mit ihren Geräteeinschüben optimal und zuverlässig gekühlt werden.

Tabelle 2 – Überhitzung durch Belüftungshemmnisse im Rack und Gegenmaßnahmen

Belüftungshemmnis	Folge	Maßnahme / Checkliste
Nicht benutzter vertikal verlaufender Zwischenraum im Rack	Der freie Zwischenraum ermöglicht die Rezirkulation der erhitzten Luft zum Geräte-Lufteinlass und bewirkt Überhitzung.	Alle unbenutzten Geräteschächte müssen durch Abdeckbleche geschlossen werden.
Schienen-Einsatz ausgehend von der Seite der Abdeckung	Der freie Seiten-Zwischenraum ermöglicht die Rezirkulation der erhitzten Luft zum Geräte-Lufteinlass und bewirkt Überhitzung.	Benutzen Sie keine 23-Zoll-Racks (584 mm) Racks mit Schienen, die auf 19 Zoll (483 mm) gesetzt sind. Benutzen Sie Racks, bei denen es keinen freien Zwischenraum zwischen Schiene und der Seite der Abdeckung gibt.
Monitore auf Einbauplatten	Der freie Raum um die Monitore herum ermöglicht die Rezirkulation der erhitzten Luft zum Geräte-Lufteinlass und bewirkt Überhitzung.	Benutzen Sie Flip-Top-LCD-Monitore. Für Kathodenstrahl-Monitore Halter zur Gestellmontage verwenden.
Zwei Server auf Einbauplatten	Der freie Raum um die Server herum ermöglicht die Rezirkulation der erhitzten Luft zum Geräte-Lufteinlass und bewirkt Überhitzung.	Platzieren Sie Server auf Haltern für die Gestellmontage. Hinweis: Sind im Rack Server in Tower-Gehäusen untergebracht, ist die Leistungsdichte niedrig und damit die Problematik nicht so schwer wiegend.
Zwischenraum im Rack, der benutzt wird, um im Rack Kabel von vorne nach hinten zu führen	Der freie Raum um die Kabel herum ermöglicht die Rezirkulation der erhitzten Luft zum Geräte-Lufteinlass und bewirkt Überhitzung.	Verwenden Sie Abdeckbleche mit flexiblen Kabeldurchlässen, durch die die Kabel hindurchgeführt werden, ohne dass Luft zirkulieren kann.

Belüftungshemmnis	Folge	Maßnahme / Checkliste
Rack mit Türen vorne oder hinten ohne hinreichende Ventilation.	Wenn Türen die Ventilation behindern, entsteht ein Druckunterschied, der die genannten negativen Wirkungen verstärkt.	Türen vorne oder hinten müssen durchgängig mit Belüftungsöffnungen ausgestattet sein. Türen aus Glas oder mit nur wenigen Belüftungsöffnungen sollten nicht benutzt werden.
Zwischenraum zwischen Racks	Der freie Zwischenraum ermöglicht die Rezirkulation der erhitzten Luft zum Geräte-Lufteinlass und bewirkt Überhitzung.	Stellen Sie die Racks eng zusammen, wenn möglich.

Ein Beispiel aus der Praxis

Wir haben bei einer normalen Rack-Installation mit Servern unter typischer Arbeitsbelastung gemessen, welche Wirkung die Installation von Abdeckblechen hat. Die beeinflussenden Bedingungen dieses Experiments sind in **Anhang A** detailliert beschrieben. **Abbildung 3** zeigt, wie die Lufttemperatur am Ventilations-einlass des Servers weniger ansteigt, wenn Abdeckbleche installiert sind.

Abbildung 3 – Auswirkungen von Abdeckblechen auf die Lufttemperatur am Server-Lufteinlass

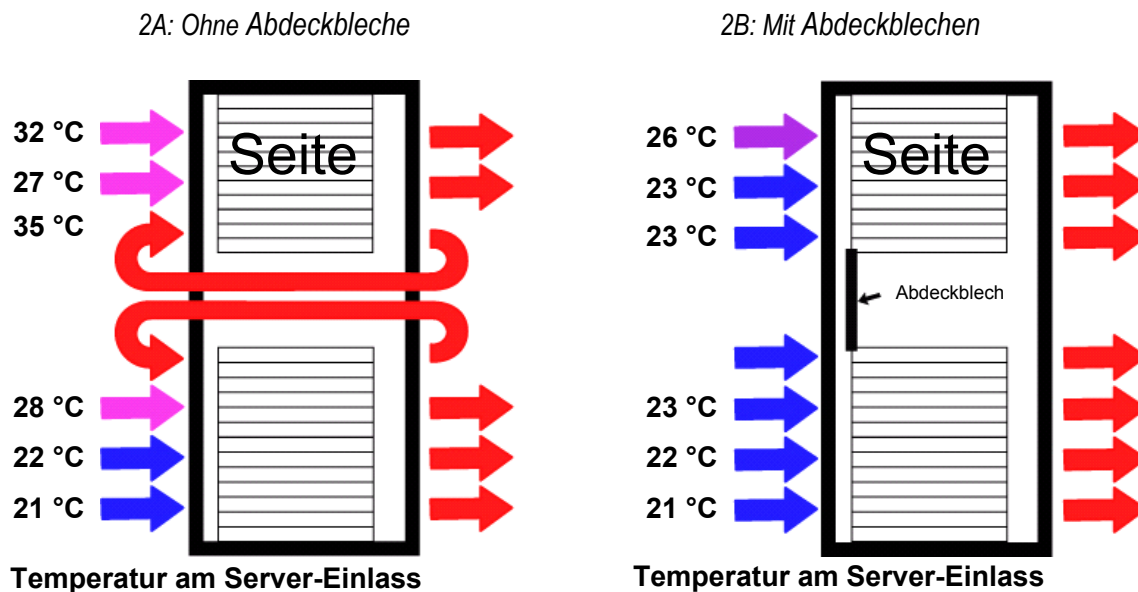


Tabelle 3 zeigt die Zusammenfassung der gemessenen Daten. Die Ergebnisse zeigen, dass es für Server unten im Rack am kühlfsten ist. Die Installation von Abdeckblechen hat auf diese praktisch keine Auswirkungen. Am heißesten ist es für den Server, der sich genau oberhalb des nicht benutzten Rack-Schachts befindet. Durch Anbringen des Abdeckblechs kann die Lufttemperatur an dessen Lufteinlass um über 11 °C gesenkt werden.

Tabelle 3 – Abdeckbleche und deren Einfluss auf die gemessenen Temperaturen am Server-Lufteinlass

Ohne Abdeckbleche	35 °C – Server am heißesten Standort	21 °C – Server am kühlfsten Standort
Mit Abdeckblechen (derselbe Server)	23 °C	21 °C
Temperaturdifferenz	12 °C	0 °C

In diesem Fallbeispiel stehen Racks mit hoher Leistungsdichte in langen Reihen nebeneinander. In der Praxis stehen hohe Racks mit hoher Leistungsdichte oft in der Nähe von Racks mit niedriger Leistungsdichte, häufig in kurzen Reihen nebeneinander. In diesen Fällen ist zu erwarten, dass die durch Abdeckbleche erzielte Temperatursenkung vermindert ausfällt. Um das zu überprüfen, haben wir Temperaturmessungen in Serverräumen durchgeführt, in denen Racks mit unterschiedlichen Leistungsdichten nebeneinander in kurzen Reihen aufgestellt waren. Dabei haben wir festgestellt, dass die Verwendung von Abdeckblechen zur Abdeckung unbenutzter Geräteschächte in jedem Fall zu einer Temperatursenkung an den Server-Lufteinlässen geführt hat. Die gemessenen Temperatursenkungen reichten von 2,8 °C bis 8,3 °C.

Ausgehend von den Prinzipien der Luftzirkulation in Verbindung mit den gemessenen Ergebnissen liegt es nahe, folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Die Verwendung von Abdeckblechen kann unter realen Betriebsbedingungen die Betriebstemperatur von IT-Geräten um 10 °C senken.
- Die größten Temperatursenkungen erfahren die Geräte, die sich oberhalb und in direkter Nachbarschaft von freien Schächten befinden, wenn diese durch Abdeckbleche abgedeckt werden.
- Der Einsatz von Abdeckblechen kann Überhitzungsgefahren reduzieren und das Auftreten von Wärmestaus verhindern, Probleme, die sonst in Datacentern und Serverräumen leicht auftreten.
- Der Einsatz von Abdeckblechen erlaubt es bei gleichbleibender Lufttemperatur am Server-Lufteinlass, die Klimaanlage zu drosseln, sodass die Luft weniger trocken ist und zudem Energiekosten gesenkt werden.
- Hersteller von IT-Geräten haben Recht, wenn sie darauf hinweisen, dass Abdeckbleche benutzt werden sollen.

Ergebnisse

In Racks eingesetzte IT-Geräte können beim Betrieb zu heiß werden, wenn die erhitzte Kühlbluft direkt zum Geräte-Lufteinlass zurückströmt. Diese gerätenahe Rezirkulation der Kühlbluft mit deren Überhitzungsfolge wird bei Racks durch eine Reihe von Bedingungen ermöglicht oder sogar gefördert.

Primärer Grund bei einem gut konstruierten Rack mit eingesetzten Geräten sind unbenutzte freie Geräteschächte. Dieses Problem kann durch Abdecken der freien Schächte mit Abdeckblechen beseitigt werden.

Dieses Dokument enthält eine Checkliste, deren Punkte bei der Planung und Einrichtung eines neuen Datacenters oder Serverraums beachtet werden müssen. Die Checkliste kann auch verwendet werden, um die bestehenden Installationen in einem Datacenter oder Serverraum zu überprüfen. Bei Befolgung dieser Richtlinien können Überhitzungsprobleme durch gerätenahes Rezirkulieren der Kühlbluft weitgehend vermieden werden, und die Klimaanlage kann entlastet werden.

Der 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 Datacenterlösungen.

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 einer 200-MW-Stromversorgung des Tokamak-Fusionsreaktors. Von 1979 bis 1981 arbeitete er bei den MIT Lincoln Laboratories in der Entwicklung von Schwungrad-Energiespeichersystemen und Solarstromsystemen.

Anhang A: Beschreibung der Versuchsanordnung

Zweck dieses Versuchs war die Schaffung einer Umgebung, die der in einem wirklichen Datencenter entspricht. Das Experiment wurde mit einem einzigen Rack mit dreißig 1 HE-Server-Simulatoren darin durchgeführt. Jeder 1 HE-Server-Simulator bestand aus einem realen 1 HE-Server-Chassis mit Netzteil und Lüftern, die CPU-Mutterplatine war aber ersetzt durch einen Widerstand mit entsprechender ohmscher Last. Jede Server-Simulation hatte eine Leistungsaufnahme von 150 Watt. Die dreißig Server-Simulatoren waren eingesetzt in ein APC NetShelter VX-Gehäuse mit 42 HE und einer Tiefe von 42 Zoll (1067 mm). Insgesamt betrug die Leistungsaufnahme 4,5 kW. Die Server-Simulatoren waren so eingesetzt, dass ungefähr auf halber Höhe des Rack-Gehäuses ein einziger 11 HE-Platz frei blieb. Beginnend mit dem zweiten HE-Schacht von unten wurden bei jedem siebten HE-Schacht die Temperaturen an den Lufteinlässen gemessen. Der letzte HE-Schacht oben, bei dem die Messung durchgeführt wurde, war der Schacht auf HE 41.

Im Experiment wurde davon ausgegangen, dass sich dieses Rack wie unter realen Betriebsbedingungen in der Mitte einer langen Reihe gleich bestückter Racks befindet. Ferner wurde davon ausgegangen, dass für die Ventilation eine regelmäßige Reihe von Ventilationsöffnungen in Bodennähe vor dem Rack zur Verfügung steht, durch die die Luft einströmt. Damit entfällt ein horizontales Druckgefälle zwischen nebeneinander stehenden Racks fast gänzlich, sodass die Luftbewegung zwischen Racks ungefähr null ist. Ferner wurde bei der Versuchsanordnung davon ausgegangen, dass die Racks so in Reihen stehen, dass heiße und kalte Bereiche sich abwechseln. Dadurch war das Druckgefälle zwischen benachbarten Reihen fast aufgehoben, sodass entlang einer Linie in der Mitte zwischen den Reihen die Luftbewegung annähernd null war. Um die so skizzierten Betriebsbedingungen, wie sie in einem realen Datencenter anzutreffen sind, in einem Labor mit nur einem einzigen Rack zu simulieren, wurde eine Anordnung mit Trennwänden geschaffen, wie sie in **Abbildung A1** gezeigt wird. Die Trennwände wurden so aufgestellt, dass ein Druckgefälle ausgeschaltet und somit dieselbe Situation geschaffen war, als wenn eine lange Reihe von Racks installiert und betrieben worden wäre.

Zur Lufttemperaturmessung an den Server-Lufteinlässen wurde das Datenaufzeichnungsgerät Agilent 34970A mit Thermoelementen des Typ „T“ verwendet, deren Genauigkeit mit +/- 1,0 °C angegeben wird. Die Thermoelemente wurden so montiert, dass sie sich im Abstand von ca. 5 cm vor den Ventilationseinlassöffnungen in der Luft befanden. Die Temperatur der umgebenden Raumluft wurde an den Lufteinlass- und den Luftauslassöffnungen der Raumteiler gemessen – siehe **Abbildung A1**.

Abbildung A1 - Versuchsanordnung

Während des Versuchs hatte die Raumluft am Lufteinlass eine Temperatur von 21 °C. Die Temperatur der Kühlbluft wurde während des Experiments mit 35 °C gemessen.

