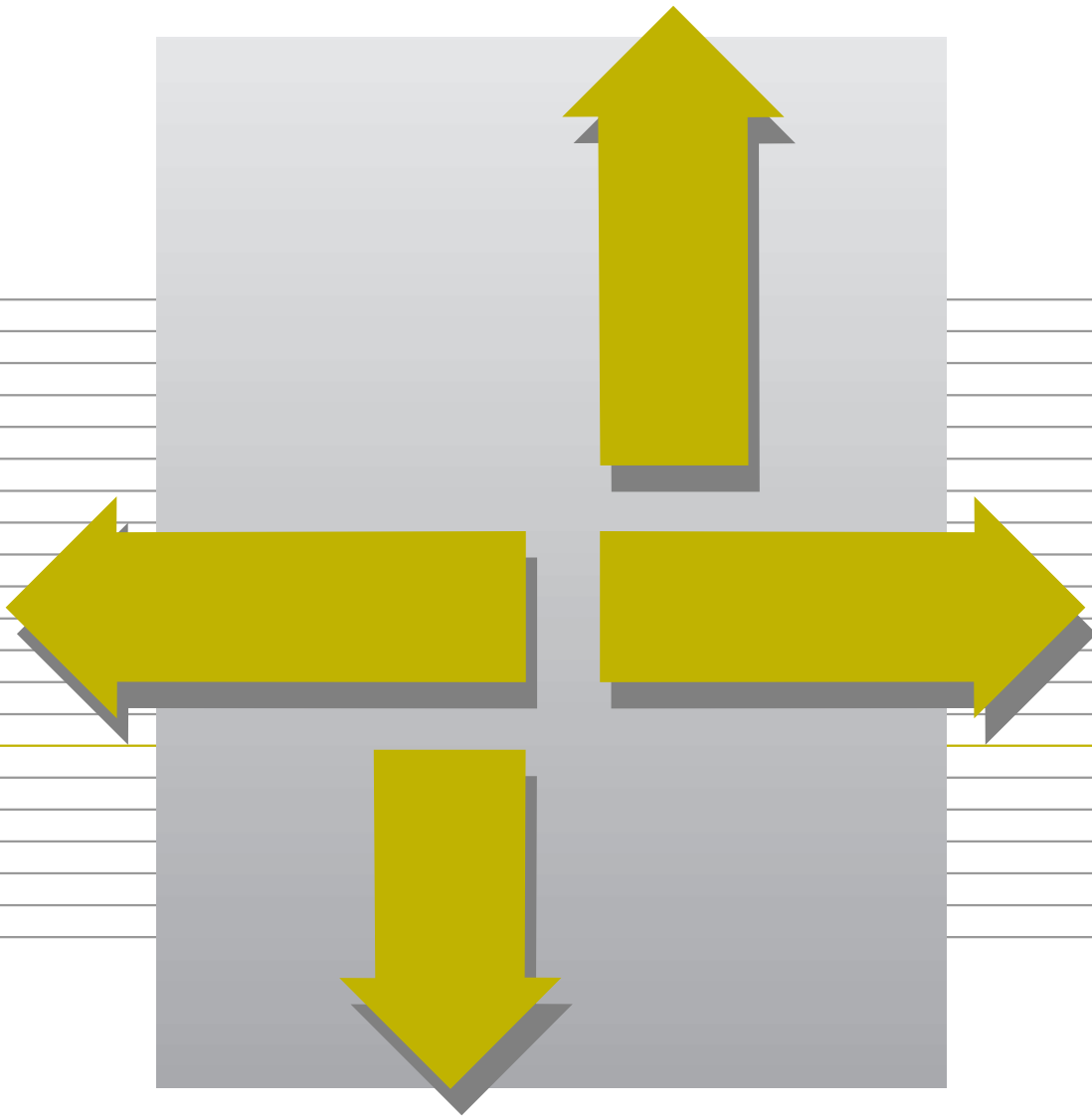


Technischer Bericht



**Einsatzmöglichkeiten von
Deckenkühlkonvektoren**

Kühl- und Heizsysteme



Detlef Makulla

Einsatzmöglichkeiten von Deckenkühlkonvektoren

Neben den flächigen Kühldecken finden heute Deckenkühlkonvektoren eine zunehmende Verbreitung. Diese oftmals auch als Kühlbalken bezeichneten Komponenten bieten eine preiswerte Alternative, die sich durch eine hohe flächenspezifische Leistung auszeichnet. Die Anwendungsmöglichkeiten im Bereich von Verwaltungsgebäuden, Messehallen, Flughäfen, Einkaufszentren etc. und in der Industrie sind sehr vielfältig.

Possibilities installing chilled beams

Besides chilled ceilings nowadays the spread of chilled beams increases. Chilled beams have a good cost performance ration with a high specific capacity. They are particularly suitable for use in office buildings, exhibition halls, airports, shopping center and in industrial applications.

Keywords: chilled beam, cooling capacity, thermal comfort

Einleitung

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen passiven und aktiven Deckenkühlkonvektoren. Die passiven Deckenkühlkonvektoren arbeiten nur auf Basis der Schwerkraft. Das Wirkprinzip wird deshalb auch mit „stiller Kühlung“ bezeichnet. Bei den aktiven Deckenkühlkonvektoren wird zusätzlich Primärluft (Außenluft) zugeführt. Diese bewirkt eine Induktion von Sekundärluft (Raumluft) durch den Wärmeaustauscher. Ferner wird dadurch der hygienisch erforderliche Außenluftanteil zugeführt. Aufgrund der Induktionswirkung sind aktive Deckenkühlkonvektoren gegenüber passiven Deckenkühlkonvektoren auch zum Heizen geeignet. Die Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale.

Bei passiven Deckenkühlkonvektoren muss die Versorgung der Personen mit dem hygienisch erforderlichen Außenluftanteil nach DIN 1946 Teil 2 anderweitig sichergestellt werden. Dieses kann mit einer zentralen Lüftungsanlage und separaten Luftdurchlässen oder mittels Fensterlüftung erfolgen.

Passive Deckenkühlkonvektoren

Konstruktiver Aufwand und Funktion

Der passive Deckenkühlkonvektor mit freier Konvektion besteht im Wesentlichen aus dem an der Oberseite offenen Gehäuse (Bild 1), dem eingebauten Wärmeaustauscher mit den Anschlussenden und ggf. einer luftdurchlässigen unteren Sichtblende.

Zur Raumkühlung strömt Raumluft aufgrund der Abkühlung im Luft-Wasser-Wärmeaustauscher und der Schachtwirkung des Gehäuses von oben in den Deckenkühlkonvektor ein. Ein Abstand zur Rohdecke ist deshalb erforderlich.

Einbaumöglichkeiten

Deckenkühlkonvektoren können in vielfältiger Weise installiert werden. Die Bilder 2a bis d zeigen die häufigsten Einbaumöglichkeiten.

Bei der vom Raum nicht sichtbaren Installation oberhalb einer luftdurchlässigen Zwischendecke kann auf die Sicht-

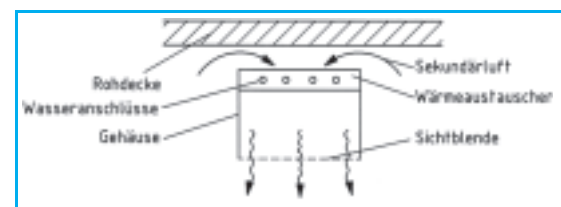


Bild 1: Schematische Darstellung eines passiven Deckenkühlkonvektors

Tabelle 1: Unterscheidungsmerkmale von passiven und aktiven Deckenkühlkonvektoren

	Passiver Deckenkühlkonvektor	Aktiver Deckenkühlkonvektor
Heizbetrieb	nicht möglich	möglich
Kühlung	nur über Wasser	über Wasser und Luft
Außenluftversorgung	nicht integriert	integriert

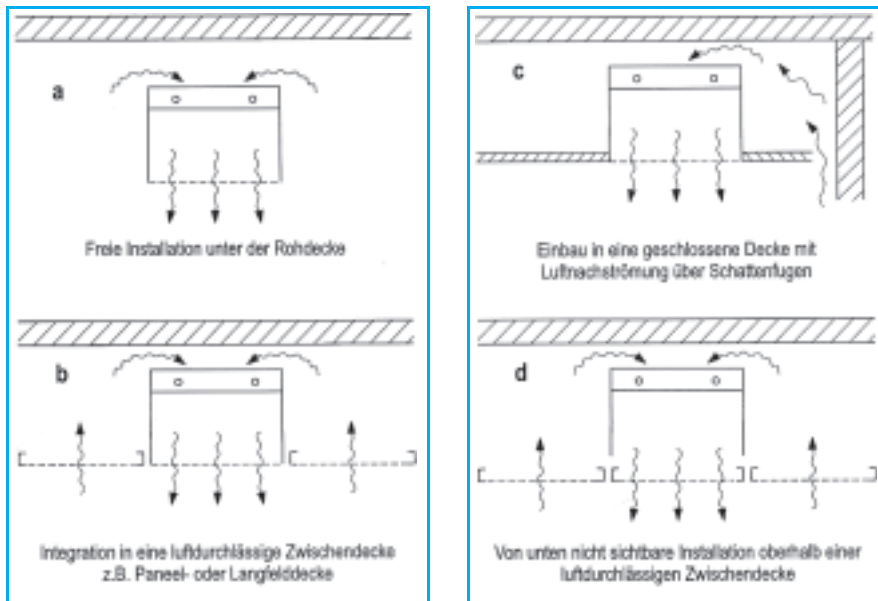


Bild 2a-d: Einbaumöglichkeiten von Deckenkühlkonvektoren.

blende an der Unterseite des Deckenkühlkonvektors verzichtet werden (siehe Bild 3).

Ferner beeinflusst diese Installation nicht den optischen Eindruck der Decke. Es ist jedoch ein freier Querschnitt der Zwischendecke zur Luftzirkulation von mindestens 35 % empfehlenswert, damit die Kühlleistung nicht zu sehr reduziert wird. Ein Beispiel zeigt Bild 4.

Kühlleistungen

Die passiven Deckenkühlkonvektoren sind zwar vom Aufbau relativ einfach, jedoch gibt es mehrere Einflussgrößen,

welche sich auf die Leistung auswirken. Die wesentlichen Einflussparameter sind in Bild 5 darstellt.

Deckenkühlkonvektoren werden in der Regel für eine Differenz von $\Delta\theta_{R,W} = -10\text{ K}$ zwischen der mittleren Wassertemperatur und der Raumlufttemperatur ausgelegt. Für diesen Standardauslegungsfall zeigt Bild 6 die spezifische Kühlleistung pro m Konvektorlänge in Abhängigkeit der Breite und des Deckenabstandes.

Das Bild 6 gilt für eine Bauhöhe von 250 mm. Es wird deutlich, dass besonders die breiten Deckenkühlkonvektoren



Bild 3: Verdeckte Installation des Deckenkühlkonvektors oberhalb einer luftdurchlässigen Zwischendecke



Bild 4: Ausführungsbeispiel mit verdeckter Montage oberhalb luftdurchlässiger Decke

auch einen größeren Abstand zur Decke benötigen, damit die Luft ungehindert nachströmen kann. Aus Platzgründen kann die Bauhöhe H der Deckenkühlkonvektoren auch reduziert werden. Dadurch vermindert sich etwas die Kühlleistung, z. B. um 13 % bei einer Reduktion von 250 mm auf 180 mm und 20 % bei 150 mm.

Auch die Unterdecke oder die Sichtblende haben aufgrund ihres lufttechnischen Widerstandes einen Einfluss auf die Leistung. Übliche Sichtblenden mit einem freien Durchströmquerschnitt von $\geq 50\%$ reduzieren die Kühlleistung nur um maximal 7 %. Das gleiche gilt für komplette Unterdecken. In letzterem Falle wird jedoch manchmal aus optischen Gründen ein geringerer Perforationsgrad gewünscht. Es empfiehlt sich jedoch, nicht weniger als 35 % zu wählen. Die dann auftretende Leistungsminderung von 15 % ist noch akzeptabel.

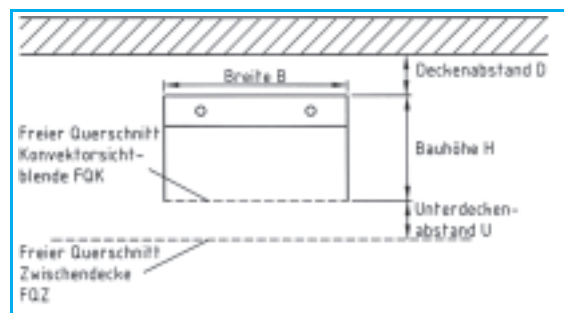


Bild 5: Einflussgrößen auf die Kühlleistung

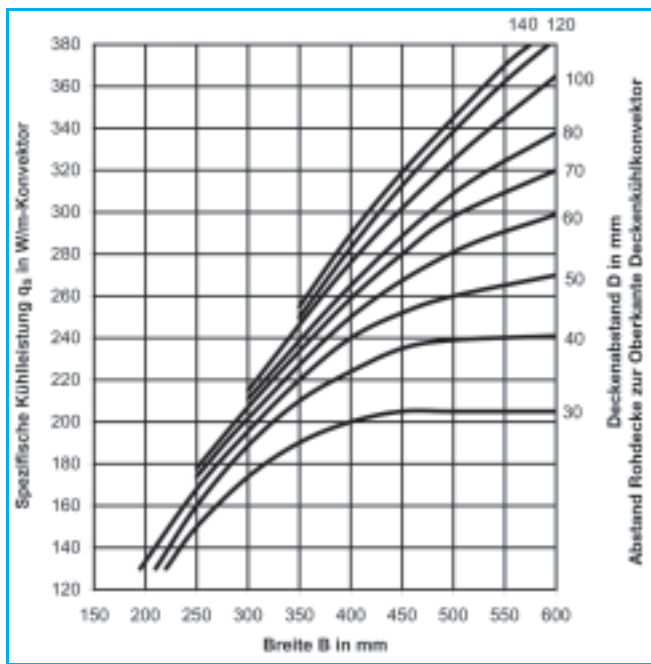


Bild 6:
Spezifische Kühlleistung von passiven Deckenkühlkonvektoren

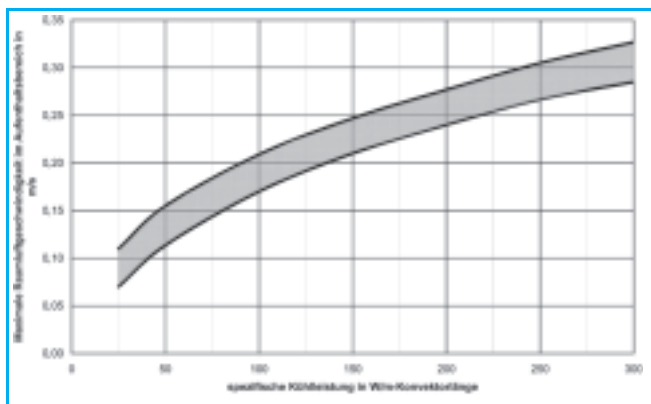


Bild 7:
Raumluftgeschwindigkeiten unterhalb passiven Deckenkühlkonvektoren in Abhängigkeit der spezifischen Kühlleistung

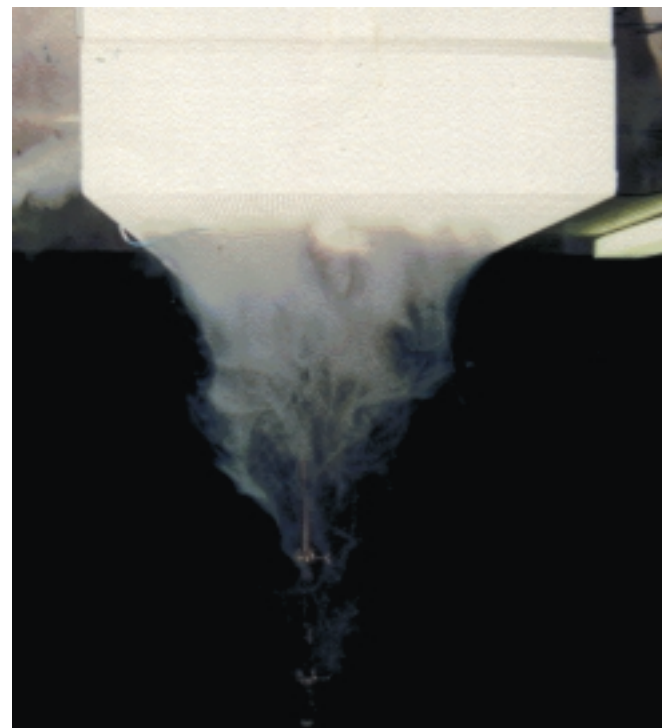
Behaglichkeitsaspekte

Passive Deckenkühlkonvektoren haben im Gegensatz zu Kühldecken nur einen vernachlässigbaren Strahlungsanteil bei der Wärmeübertragung. Aufgrund der nahezu rein konvektiven Wärmeübertragung sind die Raumluftgeschwindigkeiten unterhalb des Konvektors für die Einhaltung der Behaglichkeitskriterien von besonderer Bedeutung.

Die maximalen Raumluftgeschwindigkeiten sind hauptsächlich von der übertragenen Kühlleistung abhängig. In Bild 7 sind die maximalen Mittelwerte der Raumluftgeschwindigkeit unterhalb Deckenkühlkonvektoren dargestellt. Die Kurve beruht auf einer Vielzahl von Messungen, wobei die Konvektorbreite jeweils entsprechend der Kühlleistung angehoben wurde.

Wie die Strömungsdarstellung mittels Rauchprobe in Bild 8 zeigt, tritt nur un-

Bild 8:
Strömungsbeispiel passiver Deckenkühlkonvektor



terhalb des Deckenkühlkonvektors ein eng begrenzter Bereich mit erhöhter Konvektionsströmung und somit erhöhter Raumluftgeschwindigkeit gemäß Bild 7 auf.

Bei sitzender Tätigkeit mit Aktivitätsstufe I ergibt sich nach der DIN 1946, Teil 2, „Raumlufttechnik“ ein Grenzwert von 0,23 m/s bei einer Raumtemperatur von 26°C. Diesem Grenzwert liegt ein Turbulenzgrad von 30% zugrunde, der bei eigenen Messungen bestätigt wurde.

Für die Anordnung eines Deckenkühlkonvektors direkt oberhalb eines Büroarbeitsplatzes ergibt sich somit eine empfohlene maximale Kühlleistung gemäß Bild 7 von 150 W/m.

Gemäß DIN 1946, Teil 2 ist bei einer Aktivitätsstufe II, wie sie z.B. in Einkaufszentren, Flughäfen oder Messehallen zugrunde gelegt werden kann, eine höhere Raumluftgeschwindigkeit zulässig. Diese beträgt 0,32 m/s bei einer Raumlufttemperatur von 26°C und 30% Turbulenzgrad. Somit können hier Deckenkühlkonvektoren mit 300 W/m ausgelegt werden.

Wenn höhere Kühlleistungen erforderlich sind, ist eine Anordnung der Deckenkühlkonvektoren zu wählen, bei der ein dauernder Aufenthalt von Personen direkt unterhalb der Deckenkühlkonvektoren nicht oder nur selten auftritt. Eine günstige Anordnung im Bürobereich ist die Installation an der Fassade



Bild 9: Deckenkühlkonvektor an der Fassade



Bild 10: Deckenkühlkonvektor an oder nahe der Flurwand

oder nahe der Flurwand gemäß Bild 9 oder Bild 10. Auf diese Weise werden Zugerscheinungen im Kopfbereich vermieden, so dass die Kühlleistung bei gleicher Behaglichkeit am Arbeitsplatz höher gewählt werden kann. Zwischen der Fassade und dem Deckenkühlkonvektor sollte ein Freiraum von ca. 500 mm bleiben, damit die aufgrund der solaren Einstrahlung aufsteigende warme Konvektionsströmung an der Fassade von oben in den Deckenkühlkonvektor eintreten kann. Auch bei einer unsichtbaren Montage oberhalb einer luftdurchlässigen Decke ist hier eine Einströmmöglichkeit vorteilhaft.

Nach Bild 10 entsteht eine stabile Raumluftströmung in Form einer Raumluftwalze mit Auftrieb an der Fassade (Sommer mit solarer Einstrahlung, Winter mit Heizkörper) und Abtrieb an der Flurwand.

Die Anordnung eines Schrankes unterhalb des Konvektors beeinflusst die Leistung nicht, wenn der Abstand zur Unterkante des Konvektors mindestens der Konvektorbreite entspricht. Wenn der

Konvektor ähnlich dem Bild 10 einseitig direkt an einer Wand anliegt, sollte der gemäß Bild 6 festgelegte Deckenabstand verdoppelt werden, um den Flächennachteil der einseitigen Nachströmung zu kompensieren.

Aktive Deckenkühlkonvektoren

Im Gegensatz zu passiven Deckenkühlkonvektoren kann mit aktiven Deckenkühlkonvektoren auch der hygienische Außenluftanteil zugeführt werden. Ferner ist auch ein Heizbetrieb möglich.

Konstruktiver Aufbau und Funktion

Der aktive Deckenkühlkonvektor (Bild 11) besteht aus einem Gehäuse mit Primärluftanschluss (seitlich oder stirnseitig) und beidseitig angeordneten Luftaustrittsschlitzten. Zwischen dem Luftaustritt befindet sich eine Sichtblende, oberhalb derer in der Regel in 4-Leiter-Schaltung ausgeführte Wärmeaustauscher positioniert ist. Die Primärluft

wird senkrecht nach unten in den Schacht zwischen Außenwand und Wärmeaustauscher ausgeblasen und induziert die Sekundärluft aus dem Raum. Diese wird im Wärmeaustauscher entweder geheizt oder gekühlt.

Die Düsen sollten aus einem metallischen Material hergestellt sein. Dieses hat gegenüber Kunststoff den Vorteil der Nichtbrennbarkeit. Für die Reinigung des Wärmeaustauschers (Hygieneforderung aus der VDI 6022) sollte die Sichtblende leicht abnehmbar sein.

Eine weitere Ausführungsart von aktiven Deckenkühlkonvektoren zeigt Bild 12. Das Wirkprinzip ist identisch, jedoch ist der Luftaustritt nur einseitig. Diese Bauform bietet sich dann an, wenn der Deckenkühlkonvektor parallel zur Fassade angeordnet wird.

Für beide Ausführungsarten gilt, dass die Sekundärluft von der Raumseite einströmt. Dies hat Vorteile gegenüber einem Lufteintritt an der Oberseite. Bei einer Integration in eine abgehängte Decke sind keine Nachströmmöffnungen

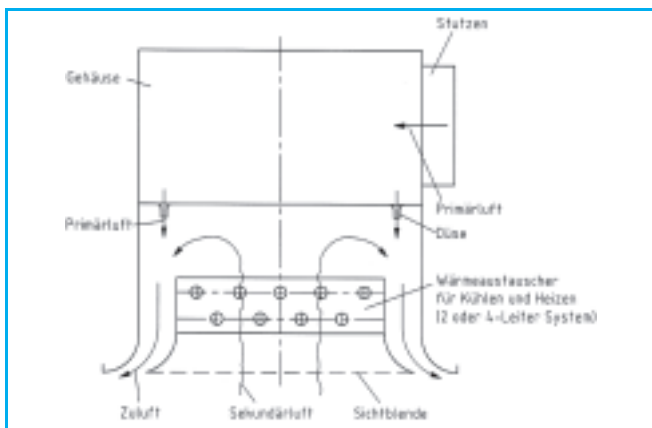


Bild 11: Schematische Darstellung eines aktiven Deckenkühlkonvektors mit beidseitigem Luftaustritt

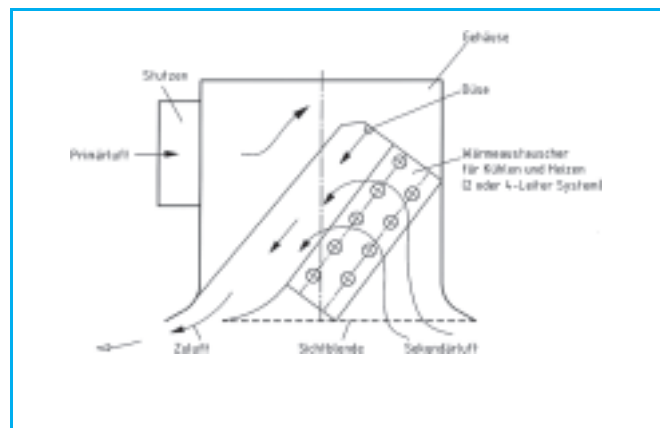


Bild 12: Schematische Darstellung eines aktiven Deckenkühlkonvektors mit einseitigem Luftaustritt

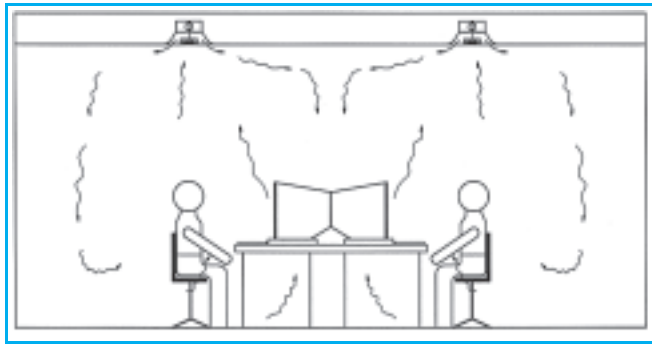


Bild 13: Aktiver Deckenkühlkonvektor mit beidseitigem Luftaustritt

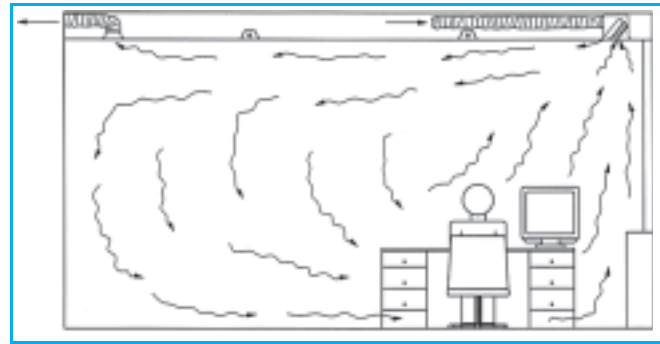


Bild 15: Aktiver Deckenkühlkonvektor mit einseitigem Luftaustritt

in der Decke selbst erforderlich. Dieses hat architektonische Vorteile und vermeidet eine abzustimmende Schnittstelle mit dem Deckenhersteller über die Größe und Lage der Nachströmöffnungen.

Einbaumöglichkeiten

Deckenkühlkonvektoren mit beidseitigem Luftaustritt

Diese Variante ist quasi der klassische Kühlbalken, der senkrecht zur Fassade in der Regel in der Mitte des Raumes oder in jeder Fassadenachse verläuft. Bei einer freien Installation ohne abgehängte Decke ist besonders vorteilhaft, dass die Speicherwirkung der Betondecke erhalten bleibt, wodurch Kühllastspitzen im Raum gedämpft werden.

Die Kühlkonvektoren sind auch mit seitlichen „Wings“ (siehe Bild 14) ausrüstbar, durch die z. B. bei einer frei hängenden Montage unter der Betondecke die Leitungen verdeckt werden können. Ferner ist die Sichtblende optisch variabel gestaltbar.

Deckenkühlkonvektor mit einseitigem Luftaustritt

Diese Bauart des Deckenkühlkonvektors ist vornehmlich für den Einbau parallel zur Fassade geeignet. Meistens wird er in eine abgehängte Bandrasterdecke integriert. Hierbei ist vorteilhaft, dass die an der Scheibe aufgrund der solaren Einstrahlung hochsteigende, warme Konvektionsluft sehr direkt in den Wärmeaustauscher einströmt (Bild 15). Dadurch steigt die Differenz zwischen der mittleren Wassertemperatur und der Lufttemperatur und somit die Kühlleistung.

Kühlleistungen

Bei aktiven Deckenkühlkonvektoren setzt sich die Kühl- und Heizleistung aus dem wasserseitigen und luftseitigen Anteil zusammen. Eine Auslegung erfolgt im Kühlfall meistens mit einer Differenz zwischen der mittleren Wassertemperatur und der Raumlufttemperatur von -10 K . Luftseitig wird in der Praxis häufig eine Differenz von -8 K zwischen der Zuluft- und der Raumluft-

temperatur gewählt. Für diese Randparameter zeigt Bild 16 den Leistungsbe- reich auf der Wasserseite im Kühlfall.

Der Bereich ergibt sich durch eine unterschiedliche Düsenbestückung und bezieht sich auf eine Baubreite von 300 mm . Bei einer Auslegung an der unteren Grenze sind der Druckverlust und der Schalleistungspegel entsprechend niedriger als an der oberen Grenze. Die Schalleistungspegel bewegen sich dabei zwischen 20 dB(A) und 38 dB(A) und die Druckverluste zwischen 30 Pa und 100 Pa .

Zu der wasserseitigen Kühlleistung muss die vom Primärluftvolumenstrom abhängige luftseitige Leistung addiert werden. Hierzu zeigt Bild 17 ein entsprechendes Diagramm. In der Summe lassen sich Kühlleistungen von über 600 W/m erzielen. Bei der Auslegung sind jedoch die im nächsten Kapitel dargelegten Behaglichkeitsaspekte zu beachten.

Vorteilhaft ist bei aktiven Deckenkühlkonvektoren, dass auch bei geschlossenem wasserseitigem Ventil mit der Pri-



Bild 14: Aktiver Deckenkühlkonvektor mit Abdeckung der Installationen durch seitliche „Wings“

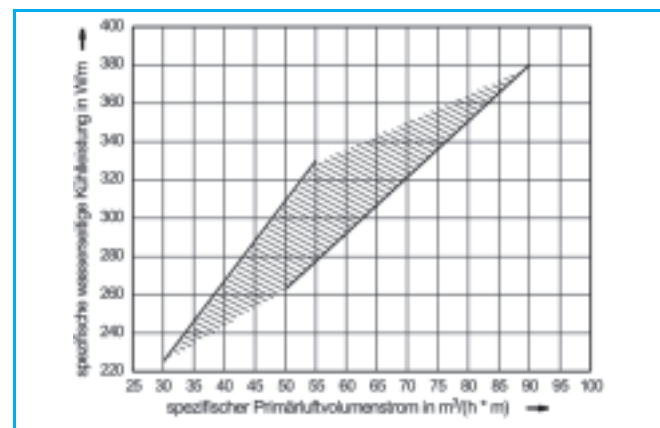


Bild 16: Wasserseitige Kühlleistung von aktiven Deckenkühlkonvektoren

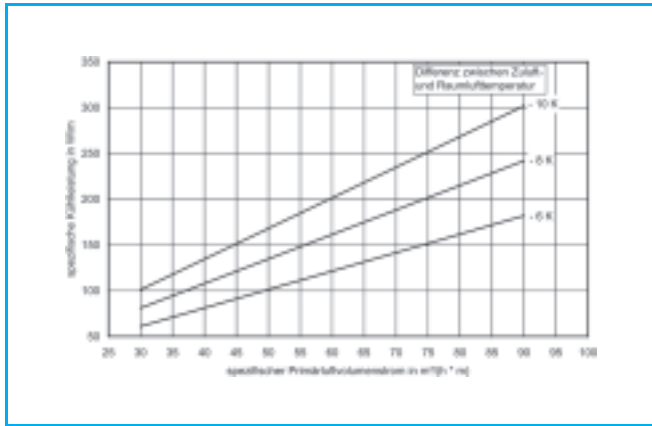


Bild 17: Luftseitige Kühlleistung von aktiven Deckenkühlkonvektoren

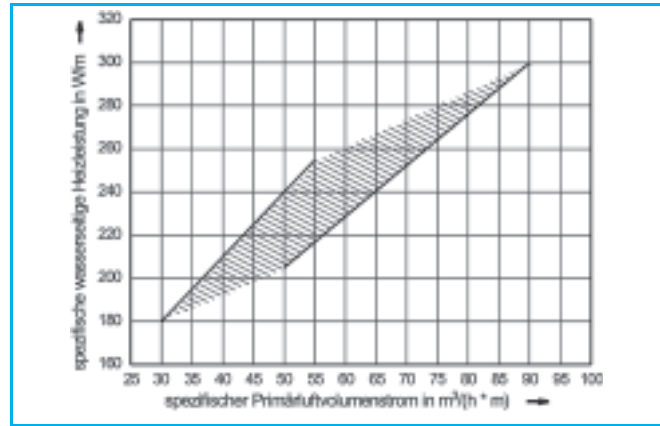


Bild 18: Wasserseitige Heizleistung von aktiven Deckenkühlkonvektoren

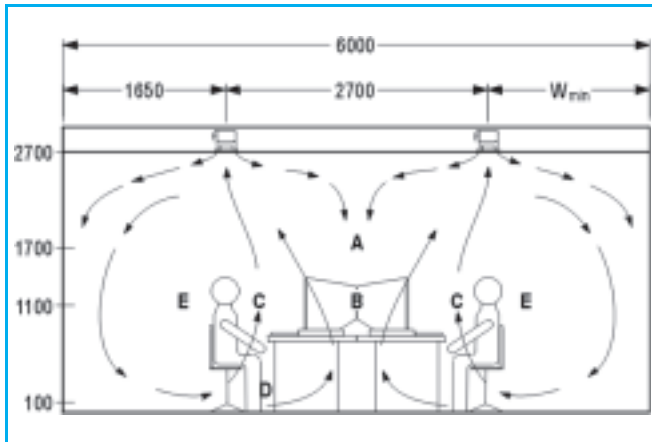


Bild 19: Strömungsverlauf und Raumluftgeschwindigkeiten beim Deckenkühlkonvektor mit beidseitigem Luftaustritt

	Primärluftvolumenstrom in m ³ / (h · m)				
	90	70	50	40	30
W_{min} in mm	1600	1300	1000	800	600
Bereich	Gesamtkühlleistung in W/m (Luft ΔΘ_{Z,R} = -8 K und Wasser ΔΘ_{WK/R} = -10 K)				
	620	530	420	360	300
A	0,34	0,31	0,28	0,18	0,16
B	0,29	0,27	0,25	0,16	0,14
C	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
D	0,22	0,20	0,18	0,14	0,13
E	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12

märluft z. B. während Zeiten mit geringerer Last gekühlt werden kann. Dies ist besonders in der Übergangszeit mit der Außenluft eine wirtschaftliche Betriebsweise.

Im Heizbetrieb erfolgt die Auslegung wasserseitig auf eine Differenz zwischen der mittleren Wassertemperatur und der Lufttemperatur von 15 K. Ein zusätzliches Heizen mit der Primärluft ist in der Praxis meist nicht erforderlich, da in der Regel die Fassade über statische Heizflächen abgeschirmt wird. Die Leistungsdaten zeigt Bild 18.

Behaglichkeitsaspekte

Mit aktiven Deckenkühlkonvektoren lassen sich bei geringem Platzbedarf relativ hohe Kühlleistungen abführen. Mit einem 300 mm breiten Konvektor sind über 600 W/m erreichbar. Hochgerechnet ist dies eine Leistung von 2000 W/m² Installationsfläche. Diese hohen

Kühlleistungen sind natürlich im Bürobereich aus Behaglichkeitssicht nicht einsetzbar, sondern auf Einsatzfälle mit höherem Aktivitätsgrad beschränkt.

Eine Übersicht gemessener Raumluftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Leistung zeigt Bild 19 für den aktiven Deckenkühlkonvektor mit beidseitigem Luftaustritt senkrecht zur Fassade und Bild 20 für den Deckenkühlkonvektor mit einseitigem Luftaustritt parallel zur Fassade. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um die Summe aus wasser- und luftseitiger Kühlleistung. Im Bürobereich sind demnach 360 W/m abführbar, wenn die gemäß DIN 1946 Teil 2 bei einer Raumtemperatur von 26°C maximal zulässige Raumluftgeschwindigkeiten eingehalten werden sollen.

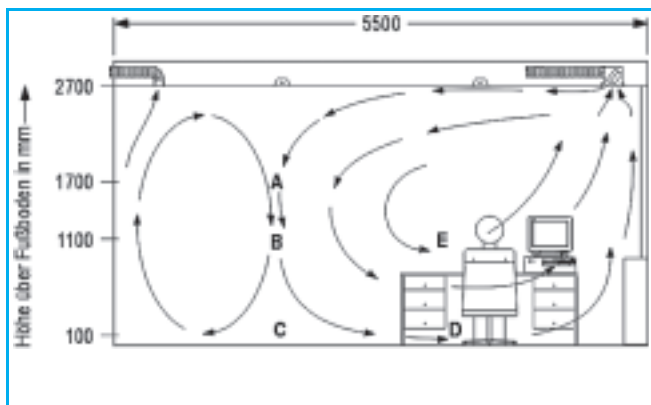
Die vertikale Temperaturschichtung beträgt in allen Fällen weniger als 0,8 K/m. Somit wird die Forderung der DIN 1946 von 2 K/m deutlich unterschritten.

Eine Strömungsdarstellung aus einem Labortest zeigt Bild 21. Die seitlichen „Wings“ sind eine optische Variante und für die eigentliche Funktion nicht erforderlich.

Zusammenfassung

Deckenkühlkonvektoren stellen eine Alternative zu flächigen Kühldecken dar. Der Platzbedarf ist bei hoher spezifischer Leistung relativ gering. Es können passive oder aktive Deckenkühlkonvektoren eingesetzt werden. Bei den aktiven ist durch den Primärluftanschluss die Versorgung der Personen mit dem hygienischen Außenluftanteil bereits integriert. Im Gegensatz zu passiven Deckenkühlkonvektoren kann mit aktiven auch geheizt werden.

Es sind freie Installationen als Kühlbalken unterhalb der Betondecke, integrierte Installationen innerhalb der abgehängten Decke und verdeckte, d. h.



		Primärluftvolumenstrom in m ³ /(h · m)				
		90	70	50	40	30
Bereich	Gesamtkühlleistung in W/m (Luft $\Delta\Theta_{z,R} = -8\text{ K}$ und Wasser $\Delta\Theta_{WK/R} = -10\text{ K}$)					
	620	530	420	360	300	
A	0,26	0,24	0,22	0,20	0,20	
B	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	
C	0,36	0,29	0,19	0,16	0,16	
D	0,15	0,11	0,13	0,12	0,11	
E	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	

Bild 20: Strömungsverlauf und Raumluftgeschwindigkeiten beim Deckenkühlkonvektor mit einseitigem Luftaustritt



Bild 21: Aktiver Deckenkühlkonvektor im Labortest

vom Raum nicht sichtbare Installationen oberhalb von abgehängten Decken möglich. In letzterem Fall ist jedoch eine gewisse Luftdurchlässigkeit der Decke erforderlich.

Bei der Auswahl sollten auch die hygienischen Aspekte, insbesondere der Reinigungsmöglichkeit, beachtet werden. Es empfiehlt sich, nur Produkte einzusetzen, die nach VDI 6022 geprüft worden sind.

Schlüsselwörter

- Kühlkonvektor
- Kühlleistung
- Thermischer Komfort

Informationen zu unseren Vertriebsbeauftragten und Auslandsvertretungen finden Sie im Internet

www.krantz.de



M+W Zander Products GmbH, Geschäftsbereich KRANTZ KOMponenten

Postfach 10 09 53, 52009 Aachen, Uersfeld 24, 52072 Aachen / Deutschland

Telefon: +49 (0)241.441-1, Telefax: +49 (0)241.441-555, e-mail: info@krantz.de, Internet: www.krantz.de