

KÜHLDECKEN:

Vielseitig, kreativ und kostengünstig

Gestaltungsfreiheit, Wohlbefinden auch in stark frequentierten Räumen und geeignete raumklimatische Konzepte, die auch den Rotstift nicht scheuen, sind nur einige der Vorteile von Kühldecken.

Von Beat Keiser

Kühldecken sind Raumkühlsysteme für die Anordnung im Deckenbereich. Ihre Kühlflächen sind mit Rohren wärmeleitend verbunden, die in geschlossene Systeme zusammengefasst und von Kaltwasser durchströmt werden.

Über Kühldecken wird die sensible Raumwärme abgeführt. Für die Abfuhr der latenten Wärme bzw. zur Einhaltung der für das behagliche Empfinden erforderlichen Raumluftfeuchte sowie Zufuhr einer minimalen Aussenluft-rate für die Personen werden Kühldecken mit mechanischen Lüftungsanlagen kombiniert.

Die wesentlichen Vorteile der Kühldecken im Vergleich zu Nurluftsystemen sind:

- höhere thermische Behaglichkeit durch zugfreie Raumluftströmung,
- gleichmässige Temperaturverteilung,
- niedriges Geräuschniveau,
- niedrigere Betriebskosten,
- geringerer Raumbedarf für die Installation.

Ausführungsarten

Die Wärmeübertragung zwischen Raum und Kühldecke findet durch Strahlung und Konvektion statt. Je nach Anteil unterscheidet man zwischen zwei Kühldecken-Hauptgruppen:

Strahlungsdecken und Konvektionsdecken (Bild 1).

Bei **Strahlungsdecken** überwiegt die Wärmeübertragung durch Strahlung. Sie beträgt ca. 60 Prozent des gesamten Wärmeaustausches; 40 Prozent geschieht durch Konvektion.

Strahlungsdecken haben eine geschlossene Oberfläche. Sie können als Metall-, Gipskarton- oder Putzdecke ausgeführt werden, in denen einzelne Kühlelemente – in Form von wasserführenden Rohren mit Wärmekontaktprofilen – eingelegt sind.

Sind die einzelnen Kühlelemente nicht in geschlossene Decken eingelegt, sondern allseitig von der Raumluft umströmbar, so erhöht sich der Wärmeaustausch durch Konvektion. Solche Deckensysteme bezeichnet man als **Konvektionsdecken**. Die Wärmeübertragung erfolgt zu über 50 Prozent durch Konvektion. Zur Erzielung

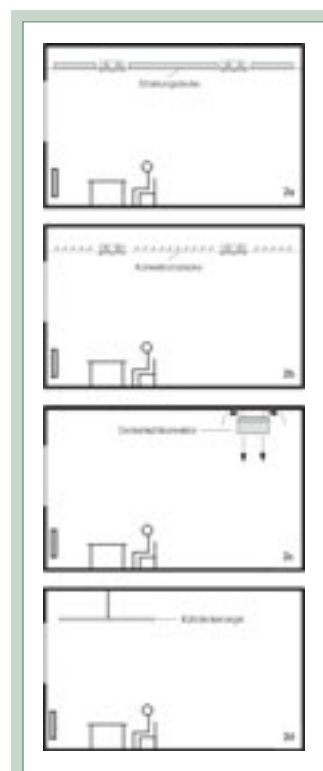
einer grossen Wärmeaustauschfläche werden auf die wasserführenden Rohre der Kühlelemente Lamellen oder Rippen aufgeschoben, die – je nach Ausführung – unter verschiedenen Winkeln geneigt sind. Der konvektive Anteil wird dadurch auf ca. 60 bis 70 Prozent erhöht.

Eine besondere Ausführung der Konvektionsdecken sind Deckenkühlkonvektoren mit einer extrem dichten Anordnung der Kühllamellen (etwa 3 bis 6 mm Lamellenabstand). Hier beträgt der konvektive Anteil des Wärmeaustausches 90 bis 95 Prozent.

Bei der Auslegung der Strahlungskühldecken ist der Einfluss der gewählten Deckenplatten auf die Kühlleistung zu berücksichtigen. Die Strahlung der Kühldecke wird vom Emissionsgrad der Plattenoberfläche beeinflusst. Darüber hinaus ist auf gute Wärmeübertragung von den wasserführenden Rohren und Kontaktprofilen auf die Kühldeckenfläche sowie fachgerechte Anordnung des Akustikvlieses zu achten.

Grundsätzlich kann unter konvektiven Kühlelementen eine Zwischendecke abgehängt werden. Diese sollte mindestens 20 Prozent offene Fläche haben, um die Kühlleistung nicht übermässig zu beeinträchtigen.

Kühldecken werden in der Regel grossflächig über die ganze



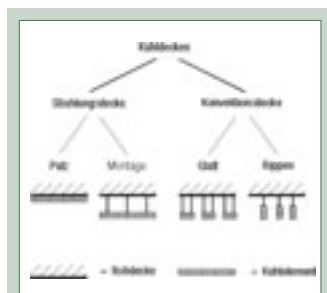
2 Anordnung verschiedener Kühldecken

2a grossflächige Kühldecken als Strahlungskühldecke

2b grossflächige Kühldecken als Konvektionskühldecke

2c Deckenkühlkonvektor

2d Kühldeckensegel



1 Kühldecken-Hauptgruppen und Bauformen

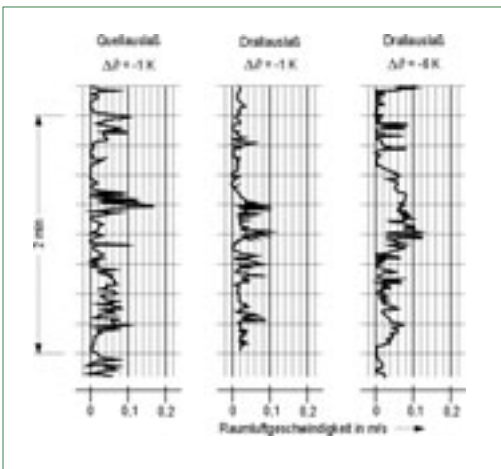
Raumfläche installiert (Bild 2a und 2b). Ausnahmen sind Deckenkühlkonvektoren (Bild 2c), die als kompakte Einheiten nur über einzelne Bereiche des Raumes zur Anordnung kommen. Es besteht auch die Möglichkeit, grossflächige Kühlelemente partiell im Raum (in der Regel oberhalb des Arbeitsplatzes) von der Decke abzuhängen. Diese Ausführung bezeichnet man als Kühldeckensegel (Bild 2d).



Migros Schönbühl: Das «Oval Office», ein gefangener Besprechungsraum für interne Sitzungen, mit einer konvektiven SKS/4-1-Kühldecke.



Migros Schönbühl: Kostengünstige Lösung in einem Grossraumbüro: Der Architekt entschied sich für freihängende Kühldecken-segel in einer Rahmenkonstruktion.



3 Raumluftgeschwindigkeiten, Kühldecke mit unterschiedlichen Luftführungssystemen

Durrer-Technik AG verfügt über alle o.a. Ausführungsarten, und zwar:

- Strahlungsdecke: Typ KKS
 - Konvektionsdecke: Typ SKS
 - Deckenkühlkonvektor: Typ DK
 - Kühldeckensegel: Typ KDS
- Bei allen Typen sind individuelle Lösungen anwendbar.

haglichen Bereich zu halten. Die minimale Aussenluft rate entspricht in Büroräumen einem Luftvolumenstrom von ca. 6 bis 8 m³/h × m². Dies ist nur noch ein Bruchteil des Luftvolumenstromes, der bei den konventionellen raumlufttechnischen Anlagen zur Deckung der

Raumkühl last erforderlich ist. Kühldecken können prinzipiell mit allen vorhandenen Luftführungssystemen kombiniert werden.

Thermische Behaglichkeit

Mit Kühldecken und kombinierter mechanischer Lüftung ist in den Räumen eine hohe thermische Behaglichkeit erzielbar:

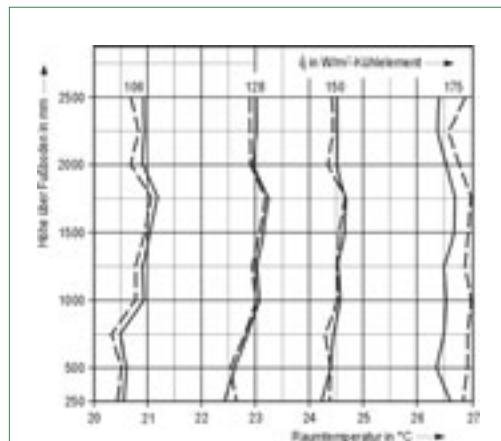
- niedrige Raumluftgeschwindigkeiten, in der Regel unter 0,12 m/s,
- gleichmässige Temperaturverteilung, vertikale Temperaturunterschiede unter 1 K,
- operative Raumtemperatur 0,5 bis 1 K niedriger als bei Nur-Luftsystemen, d.h. höherer Kühleffekt gegenüber konventionellen Klimaanlage n,
- niedriger Schalldruckpegel, weil die Luftvolumenströme verhältnismässig klein sind.

Bild 3 zeigt beispielsweise den zeitlichen Verlauf der Raumluftgeschwindigkeiten in 1,3 m Raumhöhe bei spezifischer Kühlleistung eines konvektiven Kühldeckensystems von 115 W/m²-Kühlelement. Der zeitliche Mittelwert der Raumluftgeschwindigkeiten liegt unter 0,10 m/s. Es treten keine nennenswerten Unterschiede im Turbulenzgrad der Luftströmung für die verschiedenen Luftführungssysteme auf.

Aus den Bildern 4 und 5 geht die vertikale Temperaturverteilung hervor. Sowohl in der Kombination mit Quellaufstell als auch mit Deckendrallauslässen ist die vertikale Temperaturschichtung äusserst gering. Sie beträgt - vom Bodenbereich bis zur Decke - weniger als 1 K. Nach DIN 1946, Teil 2, ist ein vertikaler Temperaturgradient von 2 K/m zulässig.

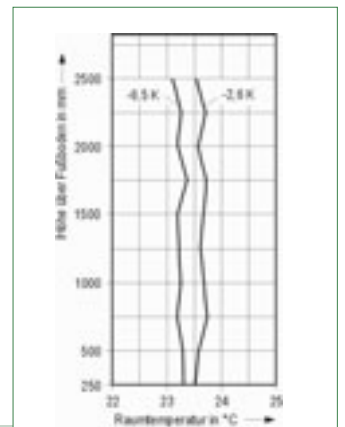
Kombination mit mechanischer Lüftung

Wie schon erwähnt, können Kühldecken nur die sensible, nicht aber die latente Wärme abführen, die vor allem durch Feuchteabgabe der Menschen freigesetzt wird. Darüber hinaus soll beim Einsatz von Kühldecken die Zufuhr der minimalen Aussenluft rate für die Personen sichergestellt werden. Aus diesen Gründen sind Kühldecken mit Lüftungsanlagen zu kombinieren. Lüftungsanlagen übernehmen die Aufgabe, die Luftqualität im Raum zu erhöhen, d.h. die minimale Aussenluft rate zuzuführen und, durch Luftaustausch im Raum, die Raumluftfeuchte im be-



— Messlinie unter einem Kühlelement
 - - - Messlinie zwischen zwei Kühlelementen
 Kühlwasservorlauftemperatur: 17 °C
 Freier Querschnitt Zwischendecke: 95%
 Zulufttemperatur: 2 K unter Raumtemperatur

4 Vertikale Temperaturverteilung; Kühldecke (System SKS) und Quelllüftung



5 Vertikale Temperaturverteilung; Kühldecke (System SKS) und Deckendrallauslässe

— Messlinie unter einem Kühlelement
 Spezifische Kühlleistung: 113 W/m² Kühlelement
 Kühlwasservorlauftemperatur: 17 °C
 Freier Querschnitt Zwischendecke: 95%
 Temperaturdifferenz Zuluft-Raumluft: -6.5 K und -2.6 K



Call Center Orange: Ein hoher Wärme- und Lärmfall vieler PCs und Personen erforderte eine Hochleistungs-Kühldecke sowie die Lösung der Akustik an der Raumdecke.



Call Center Orange: Auch im Konferenzraum wurde bewusst eine Kühldecke mit sehr technischem Design und einer akustisch ausgebildeten Raumdecke gewählt.

Die horizontalen Temperaturunterschiede betragen nur einige zehntel Grad und sind damit ebenfalls sehr gering.

Die Oberflächentemperatur der Kühldecken liegt meistens 4 bis 8 K unter der Raumlufttemperatur. Dies wirkt sich behaglich auf das Empfinden der Menschen aus, denn die operative Raumtemperatur reduziert sich um ca. 0,5 bis 1 K gegenüber Nur-Luftsystemen. Der subjektiv empfundene Kühleffekt wird auf diese Weise erhöht.

Wegen der fehlenden Temperaturschichtung im Raum ist die Lüftungseffektivität unabhängig vom kombinierten Luftführungssystem. Der zahlenmässige Wert der Lüftungseffektivität liegt bei ca. 1. Das bedeutet, dass im gesamten Raum – vom Boden bis zur Decke – annähernd gleiche Luftqualität vorhanden ist. Unterschiede zwischen der turbulenten Mischlüftung und Schichtenströmung bestehen nicht.

Heizen mit Kühldecke

Mit Kühldecken kann der Raum während der kalten Jahreszeit beheizt werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Der Wärmebedarf wird gedeckt, d.h. die gewünschte Raumtemperatur kann eingehalten werden.

- Die Asymmetrie der Strahlungstemperaturen der Umgebungsflächen wird im zulässigen, behaglichen Bereich gehalten. Nach DIN 1946, Teil 2 darf zur Verhinderung der einseitigen Erwärmung oder Abkühlung des Menschen – durch uneinheitliche Temperaturen der Umschliessungsflächen – die Asym-

metrie der Strahlungstemperaturen im Raum max. 3,5 K betragen.

- Der vertikale Temperaturgradient im Raum wird den zulässigen maximalen Wert von 2 K/m nicht überschreiten.

- Der Kaltluftabfall an der Fensterfassade wird in Grenzen gehalten, damit die Raumluftströmung zugfrei bleibt.

Diese Anforderungen sind grundsätzlich unter folgenden Bedingungen erfüllbar:

Wärmebedarf max. 40 bis 50 W/m², bezogen auf die Bodenfläche.

Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters:

$$u \leq 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad \text{bei 3 m hohen Fenstern}$$

$$u \leq 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad \text{bei 1,5 m hohen Fenstern}$$

Es ist vorteilhafter, die Heizfläche nur in einem ca. 1 m breiten Streifen dicht an der Fensterfassade auszubilden, als die gesamte Decke zum Heizen zu verwenden. Man reduziert dadurch die Asymmetrie der Strahlungstemperaturen.

Deckenkühlkonvektoren eignen sich nicht zum Heizen, denn bei diesen findet der Wärmeaustausch zu über 90% durch Konvektion statt. Die daraus resultierende Temperaturschichtung im Raum wäre zu gross.

Beim Heizen mit Kühldecken ist die Wasservorlauftemperatur in der Regel $\leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$; die Rücklauftemperatur liegt 2 bis 4 K unter der Vorlauftemperatur.

Investitions- und Energiekosten

Die Investitionskosten des Kühldeckensystems, inklusive mechanischer Lüftung, sind im Vergleich zur konventionellen Klimaanlage

desto günstiger, je höher die spezifische Raumkühlleistung ist. Die Energiekosten liegen stets niedriger.

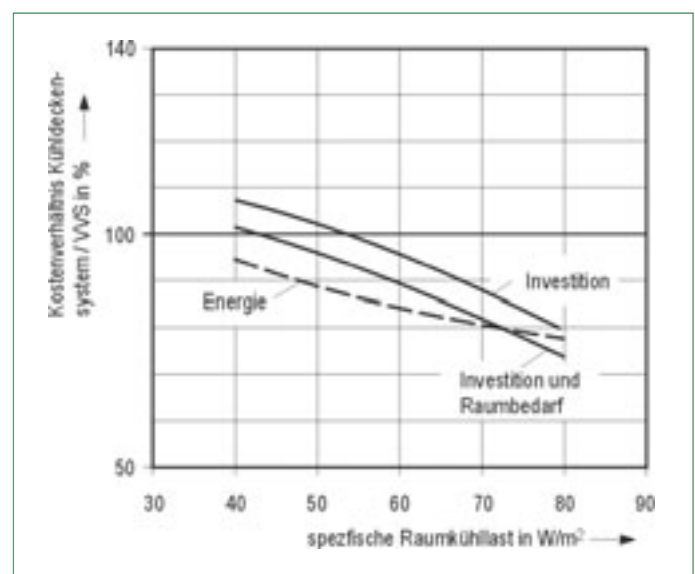
Bild 6 zeigt beispielsweise den Kostenvergleich Kühldeckensystem mit konventioneller Variabel-Volumenstrom-Anlage (VVS-Anlage).

Lässt man die Kosten für den Raumbedarf ausser Acht, so gilt annähernd, dass für spezifische Raumkühlleistungen $> 55 \text{ W/m}^2$ die Investitionskosten des Kühldeckensystems, inkl. mechanischer Lüftung, niedriger als beim VVS-System sind. Die Ursachen liegen in den geringeren Kosten für die Lüftungsanlage (niedrigerer Luftvolumenstrom, einfacheres Anlagensystem) und in der niedrigeren Kälteleistung und dadurch kleineren Kältemaschine (inkl. Verrohrung). Beim VVS-System ist eine deutlich höhere Entfeuchtungsleistung für die angesaugte Aussenluft erforderlich. Darüber hinaus tritt beim Kühldeckensystem die

max. Kälteleistung des Luftkühlers nicht gleichzeitig mit dem max. Kältebedarf für die Kühldecke auf. Werden in den Investitionskosten die Einsparungen im Raumbedarf mit berücksichtigt, so verschiebt sich der Vergleich noch weiter zugunsten der Kühldecke.

Die Energiekosten, inkl. Wasserkosten, sind beim Kühldeckensystem niedriger als beim VVS-System. Je höher die spezifische Raumkühlleistung ist, desto günstiger sind die Energiekosten beim Kühldeckensystem im Vergleich zum VVS-System. Sind z.B. für eine spezifische Raumkühlleistung von 50 W/m^2 die Energiekosten beim Kühldeckensystem um ca. 10% niedriger als beim VVS-System, so erhöht sich dieser Unterschied bei 75 W/m^2 auf ca. 20%. Die wesentlichen Gründe liegen in den geringeren Kosten für Luftbehandlung und Lufttransport.

Im Vergleich der Energiekosten wird vorausgesetzt, dass beim



6 Kostenverhältnis Kühldeckensystem / VVS-System (Beispiel)

Die beiden Anlagen im Überblick

	Migros Schönbühl	Orange Biel
Bodenfläche, Büros	ca. 3900 m ²	ca. 4000 m ²
aktive Kühldeckenfläche Büros	ca. 1900 m ²	ca. 1800 m ²
Installierte Kühldecken	Statische Kühldecken SKS-4, SKS-5	Statische Kühldecke SKS-3, Kontaktkühldecke KKS-1
Temperaturen VL/RL/Rt	16/19/24 °C	16/19/26 °C
Leistung Kühldecke bei 100% freiem Querschnitt der Doppeldecke	SKS-4 122 W/m ² SKS-5 102 W/m ²	SKS-3 160 W/m ² KKS 69 W/m ²
Luftführungssystem	turbulente Mischlüftung	Quelllüftung

Kühldeckensystem die freie Kühlung durch Aussenluft genutzt wird. Die Anwendung der freien Kühlung reduziert die Energiekosten des Kühldeckensystems um 10 bis 20%.

Zwei ausgeführte Anlagen im Überblick
Call Center Orange in Biel

In Call Centern mit ihren hohen Kühllasten und den sehr hohen Lärmemissionen von rund 60 Personen in einem Raum, die telefonische Auskünfte erteilen, ist das konvektive Kühldeckenelement SKS/3-2 mit seinen schräg gestellten Lamellen gut eingesetzt. Das Kühlelement hat eine Normkühlleistung von 202 W/m² ohne abgehängte Zwischendecke (nach DIN 4715) und reflektiert aufgrund seiner schräg gestellten Lamellen wenig Schall.

Da auch von Orange SA der Wunsch nach einem technischen Gebäude geäussert wurde, bei dem die Deckeninstallationen sichtbar sein sollten, kann die gewählte Ausführung mit an der Betondecke befestigten

Schallabsorptionsflächen und den darunter montierten Kühldeckenflächen als optimale Lösung gesehen werden.

Ebenso ist es möglich, in die heruntergehängten Kühldeckenflächen Leuchten zu integrieren, was eine sehr schönes Deckensegelbild ergibt.

Migros-Betriebszentrale
Schönbühl

In den Büroräumen wurden die beiden Hochleistungskühldecken SKS/4-1 und SKS/5-1 installiert. Die für den Abtransport von hohen Kühllasten entwickelten Kühldeckenelemente können als Sichtversion oder über Zwischendecken mit freien Querschnitten installiert werden. Bei der Migros Schönbühl entschieden sich die Architekten dafür, die Kühlelemente zu zeigen, und planten diese als freihängende Deckensegel, eingefasst in ein Rahmensystem und unter einer abgehängten Decke, welche die restlichen Installationen «versteckt».

FÜR DIE NEUE STOFFVERORDNUNG

Kaltwassersatz TP/SRH/B
für Innenaufstellung

Der wassergekühlte Kaltwassersatz für Innenaufstellung ist speziell für die neue Stoffverordnung konzipiert, welche am 1. Jan. 2004 in Kraft getreten ist. Maximal zwei Schraubenverdichter mit eingebautem Ölabscheider, Plattenwärmetauscher und pro Verdichter ein völlig unabhängiger Kältemittelkreislauf. Kälteleistung bis zu 940 kW. Mit dieser Bauart und Technologie erreicht man eine drastische Reduktion der Kältemittelmenge und wesentlich geringere Abmessungen. Die Baureihe kann mit teilweiser oder hundertprozentiger Wärmerückgewinnung ausgerüstet oder als Wärmepumpenmodell geliefert werden.



CTA AG
Hunzikenstrasse 2, 3110 Münsingen
Telefon 031 720 10 00
E-Mail: info@cta.ch
Internet: www.cta.ch

Klimania AG

...damit das
Klima stimmt!

Zum Beispiel mit unseren
Free-Cooling-Systemen
Für effiziente, energie-
sparende Kühlprozesse in der
Industrie, in Einkaufs- und
Rechenzentren usw.



Dieses System lässt keinen kalt!

Ganz klar die Nr. 1 für
optimales Raumklima!

KLIMANIA AG
Lauetstrasse 39 · 8112 Otelfingen
Telefon 01 8 497 497
Fax 01 8 497 499
info@klimania.ch
www.klimania.ch