



## Heizen und Kühlen mit Decken

# Heizen und Kühlen mit Decken

Der Einsatz von Kühldecken und -segeln zur Raumkühlung (Kühldecken) hat sich seit Jahren bestens bewährt. Mit diesen zumeist wassergekühlten Systemen können hohe Kühllasten wirtschaftlich abgeführt werden und gleichzeitig wird ein hohes Maß an thermischer Behaglichkeit erzielt. Es stellt sich zunehmend die Frage, ob mit diesen wasserdurchflossenen Systemen auch die Funktion des Heizens erfüllt werden kann.

In diesem Beitrag [1] werden die beiden Funktionen Heizen und Kühlen in Bezug auf thermische Behaglichkeit, Auslegung und Einsatzgrenzen näher beschrieben.

Die ursprüngliche Skepsis über Wasserleitungen in der Decke direkt über den Arbeitsplätzen, verbunden mit Befürchtungen über eventuelle Undichtigkeiten, Kondensationserscheinungen, unangenehme Kältestrahlung u. ä. ist einer langjährigen hohen Akzeptanz gewichen. Ergänzend möchte man vielfach die Einsatzmöglichkeiten um das Heizen erweitern, um einerseits Investitionskosten zu reduzieren und andererseits die aus architektonischer Sicht oft unerwünschten statischen Heizkörper unter bzw. vor den Glasfassaden einzusparen.

Dabei sollte man jedoch nicht vergessen, dass schon vor Jahrzehnten Strahlungsheizungen von der Decke recht verbreitet waren, aber außerhalb von industriellen Anwendungen wegen aufgetretener Unzufriedenheiten der Nutzer wieder weitgehend vom Markt verschwanden. Anders als im Kühlfall können beim Heizen schnell die Grenzen der thermischen Behaglichkeit überschritten werden.

## Kühlfunktion

Bei der Auslegung von aktiven Deckensystemen zur Raumkühlung steht fast immer die maximale abführbare Kühlleistung im Vordergrund, wobei die thermische Behaglichkeit praktisch immer gewährleistet ist, wie die inzwischen jahrzehntelange Praxis bestätigt hat. Ausschlaggebend für die Kühlleistung sind dabei die Wassertemperatur, die aufgrund des Kondensationsrisikos (Taufwasserbildung) nach unten begrenzt sind.

Grundsätzlich werden Kühldecken so betrieben, dass es an keiner Stelle des Systems zu einer Kondensation von Raumluft kommt. Aufgrund der üblichen Außen- bzw. Raumluftzustände werden Kühldecken deshalb meistens mit minimalen Wasservorlauftemperaturen von 15 °C bis 16 °C betrieben. Die mittleren Oberflächentemperaturen der Decken liegen entsprechend um 17 °C bis 19 °C und werden vom Menschen als angenehm empfunden.

Dabei werden in der Regel immer die zulässigen Grenzwerte der DIN EN ISO 7730 für die Strahlungsasymmetrie einer kühlen Decke eingehalten.

Durch die natürlichen thermischen Konvektionsströmungen beim Kühldeckenbetrieb entsteht im Raum eine sehr gleichmäßige Lufttemperaturverteilung mit minimalen Schwankungen von üblicherweise kleiner  $\pm 0,5$  K über die gesamte Raumhöhe.

Labormessungen und praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass die Raumluftgeschwindigkeiten beim Einsatz von Kühldecken äußerst gering sind. Die durch natürliche Konvektionsströmungen entstehenden Geschwindigkeiten liegen bei geschlossenen Strahlungskühldecken (Bild 1), bei denen maximale Kühlleistungen von etwa 100 W/m<sup>2</sup> aktiver Fläche erreicht werden, im Bereich um 0,1 m/s. Bei Leistungen um 150 W/m<sup>2</sup>, die im allgemeinen nur noch von Konvektionskühldecken (Bild 2) erzielt werden, betragen die maximalen Raumluftgeschwindigkeiten um 0,15 m/s.

Beim Einsatz von mechanischer Lüftung mit Decken-Luftdurchlässen werden die Raumluftgeschwindigkeiten durch das jeweilige Luftführungssystem bestimmt, wobei dann der Einfluss der Kühldecke äußerst gering ist.

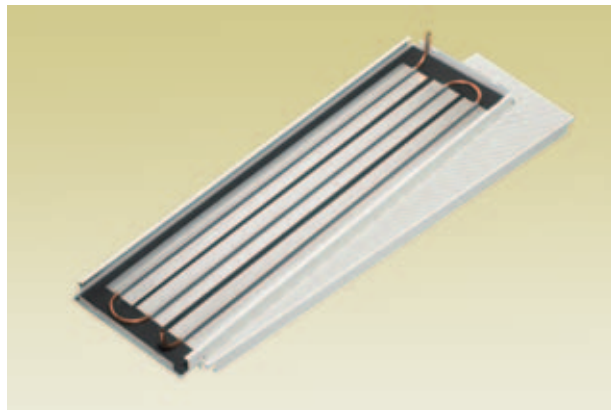


Bild 1: Strahlungskühldecke KKS



Bild 2: Konvektionskühldecke SKS

# Heizen und Kühlen mit Decken

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei üblichen Anwendungen von Kühldecken keinerlei Probleme mit der thermischen Behaglichkeit zu erwarten sind. Entscheidend bei der Auslegung ist die Kühlleistung, die durch die Taupunktproblematik einerseits und die Kosten für die Kälteerzeugung andererseits nachträglich nicht beliebig erhöht werden kann. Eine genaue Kenntnis der Leistungskennlinie bei Kühldecken ist deshalb sehr wichtig.

## Heizfunktion

Beim Einsatz von thermisch aktiven Deckensystemen zum Heizen treten gegenüber dem Kühlfall andere Parameter in den Vordergrund. So ist es in Bezug auf die reine Leistungsabgabe prinzipiell leicht möglich, die Heizleistung durch eine Anhebung der Vorlauf-temperatur (im allgemeinen im Bereich 30 °C bis 40 °C) zu steigern, ohne dass dadurch wesentliche Änderungen bzw. Probleme entstehen, wie beim Kühlfall z. B. die Taupunktunterschreitung. Auch wird eine Vorlauf-temperaturanhebung nur unwesentlich die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems beeinflussen (im Gegensatz zum Kühlen). Die Einsatzgrenzen werden primär durch die eingesetzten Materialien bestimmt.

Beim Heizen müssen jedoch die Einflüsse auf die thermische Behaglichkeit sehr genau geprüft werden. So ergeben sich beim Heizen mit Deckensystemen 3 Kriterien, deren Nichtbeachtung zu Problemen führen kann:

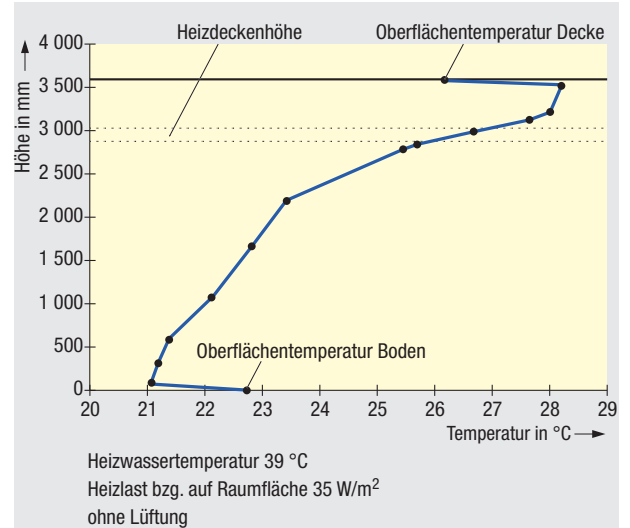
- 1) die senkrechte Temperatschichtung im Raum
- 2) die Strahlungstemperatur-Asymmetrie durch die warme Decke und die kalte Fassade
- 3) der Kaltluftabfall an der kalten Fassade mit daraus resultierenden Zugerscheinungen.

Beim Heizen von der Decke stellt sich im Raum eine Lufttemperaturschichtung als Folge der dem Raum zugeführten Heizleistung ein. Je nachdem, welches zusätzliche Luftführungssystem vorhanden ist, wird diese Schichtung durch die Lüftung mehr oder weniger stark beeinflusst. Da der größte Heizbedarf vorhanden ist, wenn das Gebäude nur sehr gering oder gar nicht belegt ist (nachts, Wochenende) und dementsprechend die Lüftungsanlage mit reduziertem Betrieb läuft oder ganz abgeschaltet ist, wird im folgenden der Fall ohne Lüftung betrachtet, bei dem die stärkste Schichtung auftritt. Diese Aussagen gelten weitgehend auch beim Einsatz von Quell-Luftsystemen, die nicht in der Lage sind, die durch das Heizen entstehende Schichtung abzubauen.

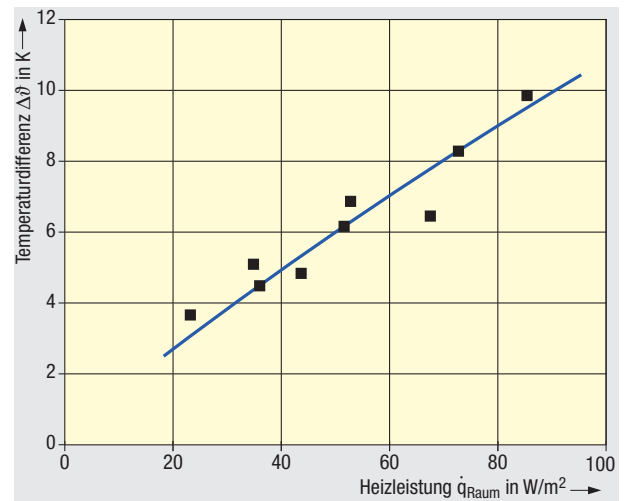
In **Bild 3** ist eine typische Temperatschichtung im Raum gezeigt, die beim Heizen mit einer Konvektionsdecke entsteht. Man erkennt die Lufttemperatschichtung von 21 °C dicht über dem Boden bis 26 °C dicht unter der Heizdecke.

**Bild 4** zeigt die Lufttemperatschichtung im Raum (hier die Differenz der Lufttemperatur dicht unter der Heizdecke  $\vartheta_{2,5\text{ m}}$  und dicht über dem Boden  $\vartheta_{0,1\text{ m}}$ ) in Abhängigkeit von der dem Raum zugeführten flächenbezogenen Heizleistung. Bei den Versuchen wurde der aktive Flächenanteil zwischen 12 %, 24 % und 48 %

variiert; die auf die aktive Heizfläche bezogenen Heizleistungen lagen dabei im Bereich 100 – 350 W/m<sup>2</sup>. Die Messwerte zeigen eine deutliche fast lineare Abhängigkeit der Temperaturdifferenz von der Heizleistung.



**Bild 3:** Darstellung einer typischen Temperatschichtung, die beim Heizen mit einer Konvektionsdecke entsteht



**Bild 4:** Lufttemperatschichtung im Raum (hier die Differenz der Lufttemperatur dicht unter der Heizdecke  $\vartheta_{2,5\text{ m}}$  und dicht über dem Boden  $\vartheta_{0,1\text{ m}}$ ) in Abhängigkeit von der dem Raum zugeführten flächenbezogenen Heizleistung

Unter Berücksichtigung des Grenzwertes der DIN EN ISO 7730 – für die Anlagenkategorie A (höchste thermische Behaglichkeit) – für den senkrechten Temperaturanstieg von 2 K/m darf bei einer lichten Raumhöhe von etwa 3 m die Temperaturdifferenz der Luft zwischen Boden und Decke maximal etwa 6 K betragen, was nach diesen Messungen bei einer Heizleistung um 50 W/m<sup>2</sup> auftritt. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass sich auch bei variierenden Raumhöhen ähnliche Temperaturen dicht über dem Boden bzw. dicht unter der Decke einstellen und sich der Temperaturgradient entsprechend ändert.

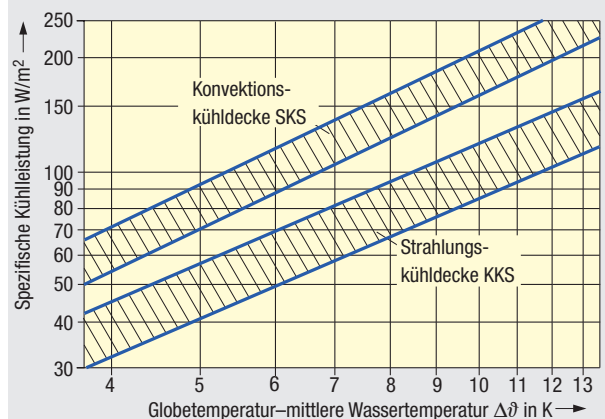
# Heizen und Kühlen mit Decken

Dieses Ergebnis zeigt, dass das Heizen mit aktiven Deckenelementen unter Einhaltung der strengen Behaglichkeitskriterien der Kategorie A nach DIN EN ISO 7730 bis zu einem Wärmebedarf von  $50 \text{ W/m}^2$  möglich ist. In den meisten Fällen können somit heute moderne Gebäude mit hohen Wärmedämmstandard mit Kühldecken auch beheizt werden, ohne dass ein zu hoher vertikaler Temperaturgradient auftritt. Da meistens Kühldecken in Verbindung mit Luftführungssystemen eingesetzt werden, empfiehlt sich bei höheren Wärmelasten ab  $50 \text{ W/m}^2$  eine turbulente Mischlüftung zu wählen. Hier ist bis zu einer Heizleistung von ca.  $100 \text{ W/m}^2$  ohne Überschreitung des zulässigen vertikalen Raumlufttemperaturgradienten die Beheizung über Kühldecken möglich.

## Wärmeübertragung und Leistungsangaben beim Heizen und Kühlen

Sowohl beim Heizen als auch beim Kühlen erfolgt die Energieübertragung von den Deckenelementen zum Raum in gleicher Größenordnung durch Strahlung und Konvektion. Um exakte Leistungsangaben zu machen, müsste für den jeweiligen Wärmeübertragungsmechanismus die relevante raumseitige Bezugstemperatur angegeben werden. Für die Konvektion wäre dies die Lufttemperatur in Deckennähe, für die Strahlung die mittlere Oberflächentemperatur der Raumumschließungsflächen (Wände, Boden) und eventueller Einrichtungsgegenstände unter Berücksichtigung der Einstrahlzahlen. Aufgrund der unterschiedlichsten Geometrien und der unbekanntesten Temperaturverteilungen scheint es praktisch nicht möglich, diese Bezugstemperaturen genau zu bestimmen. Hinzu kommt, dass auch messtechnisch nicht direkt zwischen der Wärmeübertragung durch Strahlung und Konvektion unterschieden werden kann, so dass eine exakte Aufteilung der übertragenen Wärmeleistung unter Angabe verschiedener Bezugstemperaturen bzw. Differenzen nicht möglich ist.

Da im Kühlfall praktisch keine Lufttemperaturschichtung im Raum auftritt, ist die Definition einer raumseitigen Bezugstemperatur sehr viel einfacher. Es hat sich gezeigt, dass die in Raummitte in 1,1 m Höhe gemessene Globetemperatur (in etwa Mittelwert aus der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur) eine sehr gute Referenztemperatur für den Raum darstellt, die zu gut repro-

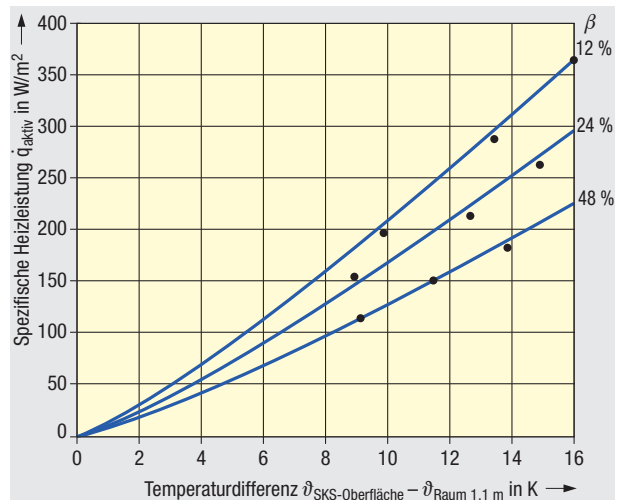


**Bild 5:** Leistungsbereiche für Kühldecken verschiedener Bauart

duzierbaren auf die Temperaturdifferenz bezogenen Leistungsangaben führt. Entsprechend wird auch in der DIN EN 14420 bei Leistungsmessungen an Kühldecken verfahren. Bild 5 zeigt für Strahlungsdeckensysteme (KKS) und konvektive Systeme (SKS) die Kühlleistungsbereiche.

Sowohl im Heizfall als auch im Kühlfall ist der in der Globetemperatur enthaltene Strahlungsanteil (mittlere Strahlungstemperatur der auf das Globethermometer einwirkenden Oberflächen) eine sinnvolle Bezugsgröße für die Wärmeübertragung durch Strahlung. Die in der Globetemperatur berücksichtigte Lufttemperatur in 1,1 m Höhe stellt jedoch nur im Kühlfall eine gute Bezugstemperatur für die Konvektion dar. Im Heizfall ist der Unterschied der Lufttemperaturen in dieser Höhe und in Deckennähe (die Lufttemperatur in Deckennähe bestimmt die konvektive Wärmeübertragung) sehr viel größer und von der gesamten Heizlast im Raum abhängig (vgl. Bild 4). So können sich je nach Gesamtlast im Raum bei gleichen Globetemperaturen in Deckennähe unterschiedliche Lufttemperaturen und damit unterschiedliche konvektive Leistungen ergeben, was in der Globetemperatur nicht berücksichtigt wird.

Wählt man analog zum Kühlfall die Globetemperatur in 1,1 m Höhe als Bezugstemperatur, so erhält man je nach der Belegungsichte (Anteil aktiver Decke zur Gesamtfläche) bei scheinbar gleichen Randbedingungen (gleiche Oberflächentemperatur und gleiche Globetemperatur in 1,1 m Höhe) unterschiedliche spezifische Heizleistungen, wie in Bild 6 dargestellt ist.



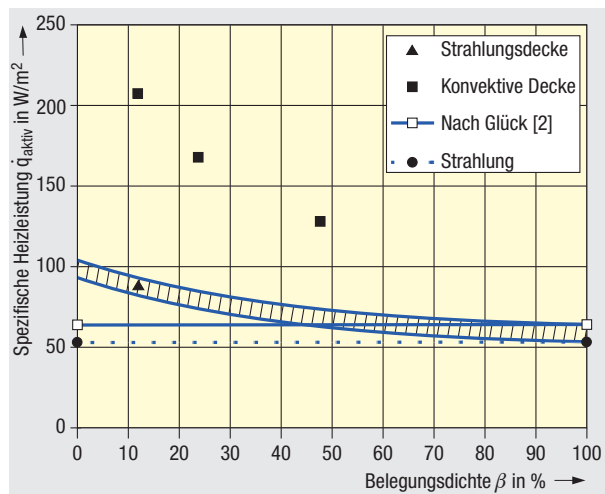
**Bild 6:** Wählt man analog zum Kühlfall die Globetemperatur in 1,1 m Höhe als Bezugstemperatur, so erhält man je nach der Belegungsichte  $\beta$  bei scheinbar gleichen Randbedingungen unterschiedliche spezifische Heizleistungen

Es ist eine eindeutig starke Abhängigkeit der bei gleicher Temperaturdifferenz abgegebenen Heizleistung von der Belegungsichte (hier 12 %, 24 %, 48 %) zu sehen. Die Abhängigkeit der Leistung von der Belegungsichte lässt sich durch die stärker werdenden senkrechten Temperaturgradienten im Raum erklären. Bei höherer Belegungsichte steigt die Gesamtheizleistung im Raum und demnach auch (nach Bild 4) die Temperaturschichtung, so dass durch die höhere Lufttemperatur im Deckenbereich der konvektive

# Heizen und Kühlen mit Decken

Leistungsanteil stark zurückgeht.

Im Extremfall könnte sich bei 100 % aktiver Fläche dicht unter der Decke ein praktisch stillstehendes Warmluftpolster bilden, so dass der Konvektionsanteil der Leistungsabgabe praktisch verschwindet, und nur noch die Strahlungsabgabe an Boden, Fassade und übrigen Oberflächen stattfindet. Bei 10 K Temperaturdifferenz würde dann die gesamte Leistungsabgabe auf einen minimalen Wert von etwa  $54 \text{ W/m}^2$  (reine Strahlungsabgabe nach Glück [2]) reduziert werden. Dies ist in Bild 7 durch die gepunktete Linie dargestellt. Außerdem sind in dieser Abbildung die oben erwähnten Versuchsergebnisse dargestellt sowie die von Glück [2] angegebene Leistung einer Heizdecke mit  $\alpha_{\text{ges}} \approx 7 \text{ W/m}^2$ . Während die beiden theoretischen Ansätze (für den Strahlungsanteil sowie der Ansatz von Glück [2]) keine Abhängigkeit von der Belegungsdichte berücksichtigen, zeigen die Messergebnisse wie erwähnt eine deutliche Abhängigkeit. Für eine geschlossene Strahlungsheizdecke ist deshalb als Näherung ein Bereich der spezifischen Heizleistung in Abhängigkeit von der Belegungsdichte angegeben. Weitere Untersuchungen zu dieser Abhängigkeit sind jedoch noch notwendig und wünschenswert. Vielleicht erklärt gerade diese Abhängigkeit, weshalb verschiedene Messergebnisse (bzw. Herstellerangaben) zur Heizleistung sehr stark variieren und teilweise erstaunlich hohe Angaben zu finden sind, die eigentlich nicht mit einem theoretischen Ansatz zu erklären sind.



**Bild 7:** Abhängigkeit der spezifischen Heizleistung von der Belegungsdichte

## Strahlungstemperaturen und Asymmetrien

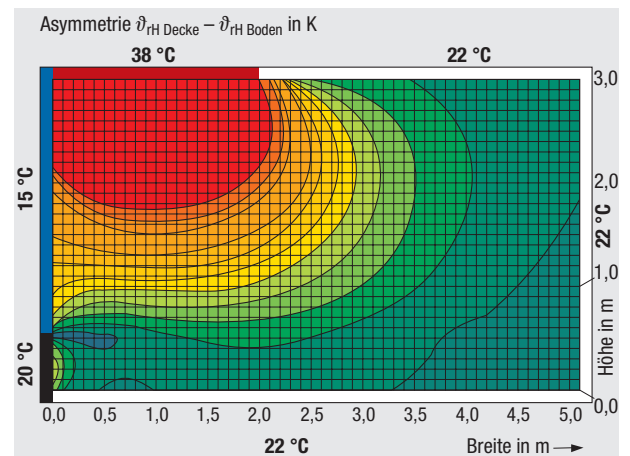
Die Aufgabe einer Raumheizung ist es nicht nur, die notwendige Heizleistung dem Raum zuzuführen, um eine entsprechende Lufttemperatur zu erreichen, sondern auch angenehme Strahlungstemperaturverhältnisse zu schaffen. Einerseits sollte durch entsprechende warme Oberflächen in Fassadennähe die unangenehme „Kältestrahlung“ des Fensters ausgeglichen werden und andererseits sollte die Heizung nicht zu unangenehmer Wärmeeinstrahlung auf die Personen führen. Außerdem sollte die operative Raumtemperatur (= empfundene Temperatur) nicht zu sehr variieren, was durch starke Oberflächentemperaturunterschiede mög-

lich ist. Im allgemeinen werden diese Aufgaben sehr gut durch eine traditionelle Heizkörperanordnung im Brüstungsbereich der Fassaden erfüllt, weil sich durch die unmittelbare Nähe der kalten Oberflächen (Fenster) und der warmen Oberflächen (Heizkörper) die Strahlungswirkungen ausgleichen.

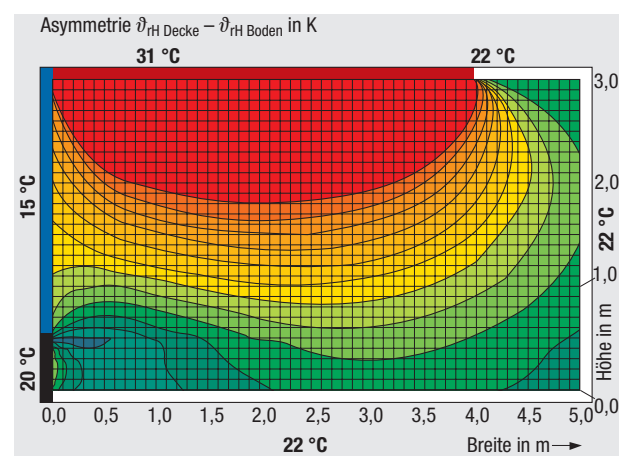
Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass sich beim Einsatz von Heizdecken die besten Verhältnisse ergeben, wenn nur ca. 1 bis 2 m breite Deckenstreifen an der Fassade mit dann etwas höheren Temperaturen (verglichen mit einem großflächigen Einsatz über den ganzen Raum) genutzt werden.

Zur Bewertung der Strahlungsverhältnisse nach DIN EN ISO 7730 wird die Differenz der Halbraumstrahlungstemperaturen bzgl. einer senkrechten Ebene parallel zur Fassade (Bewertung der „Kältestrahlung“ des Fensters) oder parallel zur Decke (Bewertung der warmen Decke) gebildet. Für kalte Wandflächen (Fassade) gilt ein Grenzwert von 10 K, für die warme Decke von 5 K. Die Werte gelten jeweils für die höchste Anlagenkategorie A.

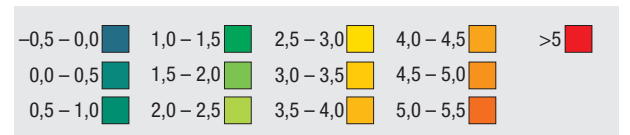
Da bei heutigen Wärmeschutzgläsern die inneren Oberflächentemperaturen praktisch immer über  $14 \text{ °C}$  liegen, werden die Anforderungen bzgl. der kalten Wandfläche ( $\Delta\vartheta_{\text{Asymmetrie}} \leq 10 \text{ K}$ ) im Normalfall erfüllt.



**Bild 8:** Heizdeckenstreifen an der Fassade



**Bild 9:** Großflächige Heizdecke



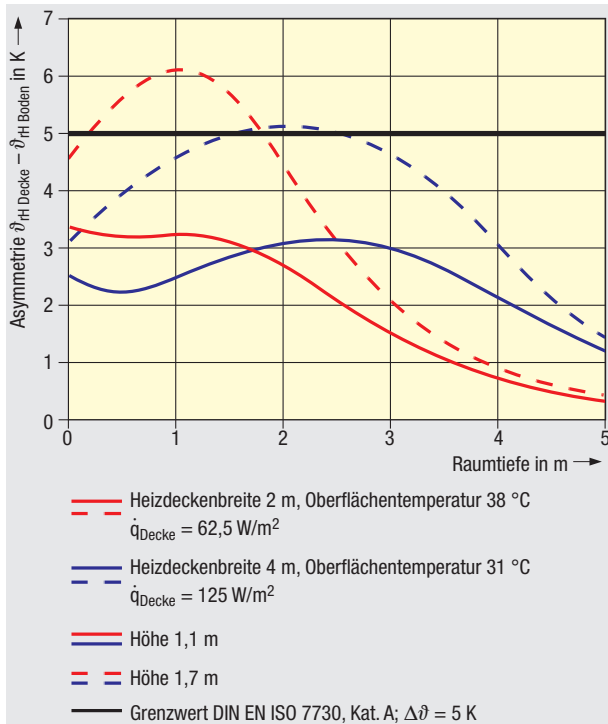
# Heizen und Kühlen mit Decken

Eine aufmerksamere Betrachtung verlangt jedoch die Wirkung der warmen Decke. In Bild 8 und 9 ist für einen Raum mit 5 m Raumtiefe (6 m Breite) und einem Wärmebedarf von 50 W/m<sup>2</sup> die Strahlungsasymmetrie in jedem Punkt auf einer senkrechten Schnittebene durch den Raum dargestellt. In Bild 8 wird die Heizleistung über einen 2 m breiten Heizstreifen mit 38 °C Oberflächentemperatur [ $\alpha_{ges} = 7,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] und in Bild 9 über eine 4 m breite Deckenheizung mit 31 °C Oberflächentemperatur [ $\alpha_{ges} = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] erbracht.

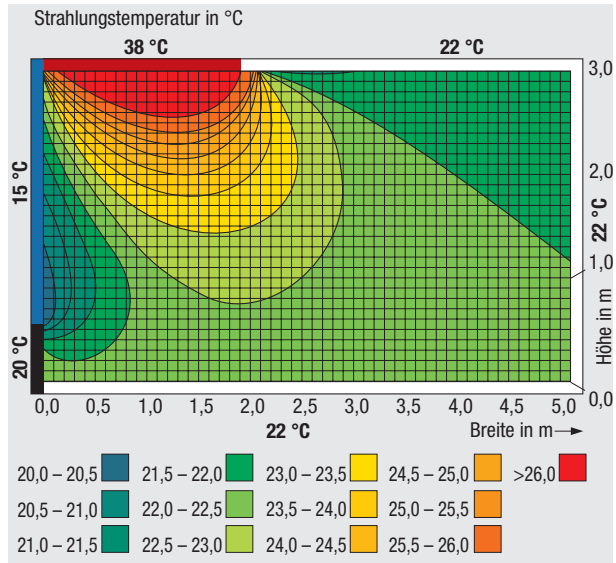
Für die Raumhöhe 1,1 m (Kopfhöhe sitzender Personen) und 1,7 m (stehende Personen) sind die Ergebnisse auch noch in Bild 10 dargestellt. Man sieht, dass bei großflächigem Heizdeckeneinsatz die zulässige Grenze von 5 K nicht und bei einem 2 m Streifen an der Fassade geringfügig überschritten wird. Jedoch ist in beiden Fällen in der für Büroräume relevante Höhe von 1,1 m die Strahlungsasymmetrie unterhalb der zulässigen Grenze.

Dieses Beispiel zeigt, dass bei einem Wärmebedarf von 50 W/m<sup>2</sup> durch den Einsatz einer Deckenheizung die zulässigen Grenzwerte im Wesentlichen eingehalten werden.

Bild 11 zeigt für den Fall mit einem 2 m breiten Heizstreifen die Verteilung der mittleren Strahlungstemperatur. Im Aufenthaltsbereich (bis 1,8 m Höhe) schwankt die mittlere Strahlungstemperatur von 21,5 bis 23,5 °C, so dass bei einer Lufttemperatur von 22 °C die operative Raumtemperatur sehr gleichmäßig im Bereich von 21,8 bis 22,7 °C liegt.



**Bild 10: Strahlungstemperatur Asymmetrie in 1,1 m und 1,7 m Höhe bei  $\dot{q}_{Raum} = 50 \text{ W}/\text{m}^2$**



**Bild 11: Heizdeckenstreifen an der Fassade**

## Kaltluftabfall

Der Kaltluftabfall kann an hohen Glasfassaden ein Problem in Bezug auf die Behaglichkeit darstellen. Durch Heizkonvektoren oder Fensterblasanlagen unter den Fassaden kann dem Kaltluftabfall wirkungsvoll entgegengewirkt werden. Heizdecken haben aber keine direkte Wirkung auf diesen Kaltluftabfall und können nur indirekt durch eine leichte Anhebung der inneren Oberflächentemperaturen im Deckenbereich der Fassaden diese Probleme etwas reduzieren.

In Bild 12 ist die Problematik des Kaltluftabfalls dargestellt. Der Kaltluftabfall an der Fassade hat zwar nur wenige Zentimeter Schichtdicke, jedoch wird die nach unten beschleunigte Luft am Boden umgelenkt und gelangt so in den Aufenthaltsbereich des Raumes, wo sie zu Zugerscheinungen führen kann. Die maximalen Geschwindigkeiten in der bodennahen Strömung sind dabei geringer als an der senkrechten Fassade, jedoch erhöht sich die Schichtdicke. Messungen haben gezeigt, dass ab etwa 0,7 m bis 1 m Fassadenabstand die maximalen Geschwindigkeiten in der kritischen Höhe von 0,1 m (oder darüber) auftreten können und damit bei der Behaglichkeitsbewertung berücksichtigt werden müssen.

Die Stärke des Kaltluftabfalls ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der Raumluft und der Scheibeninnenoberflächentemperatur, die wiederum abhängig von der Außentemperatur und dem U-Wert des Fensters ist.

Die Maximalgeschwindigkeiten in der bodennahen Schicht nach der Umlenkung des Kaltluftabfalls lassen sich nach Heisselberg [3] näherungsweise berechnen und sind in Bild 13 für einen Abstand von 1 m zur Fassade angegeben. Bei der Bewertung der Behaglichkeit muss dabei auch berücksichtigt werden, dass die in den Raum einströmende umgelenkte Luft des Kaltluftabfalls eine relativ niedrige Temperatur hat. Wenn die Anforderungen der

# Heizen und Kühlen mit Decken

DIN EN ISO 7730, Kategorie B bei geringer Turbulenz der Strömung ( $Tu < 20\%$ ) erfüllt werden sollen, darf z. B.  $u_{\max} = 0,22\text{ m/s}$  nicht überschritten werden.

Im Diagramm kann man bei vorgegebener Fensterhöhe so den notwendigen U-Wert ermitteln, bei dem dann der Kaltluftabfall nicht zu Raumluftgeschwindigkeiten  $> 0,22\text{ m/s}$  in 1 m Abstand führt. Da heutzutage U-Werte von  $1,2\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  bei modernen Fassaden als Standard zu betrachten ist, kann der Grenzwert gemäß Kategorie B bis zu 6 m Fassadenhöhe eingehalten werden. Bei der Kategorie A reduziert sich die Höhe jedoch auf ca. 2,7 m, also der üblichen Raumhöhe von Bürogebäuden.

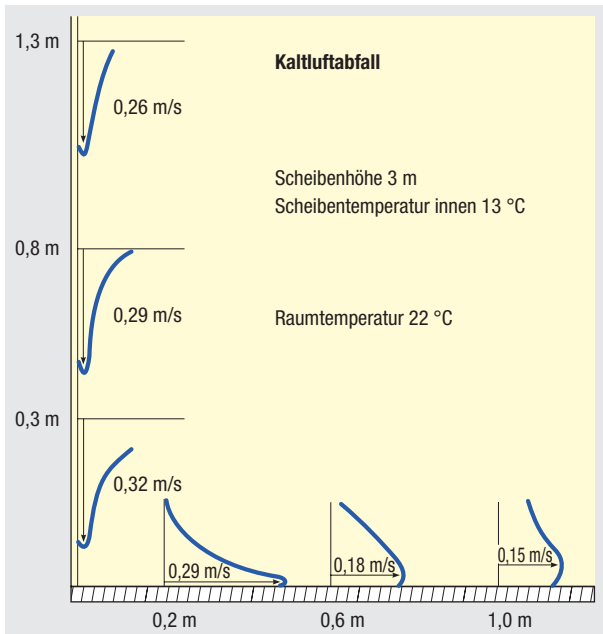


Bild 12: Kaltluftabfall an Fassaden

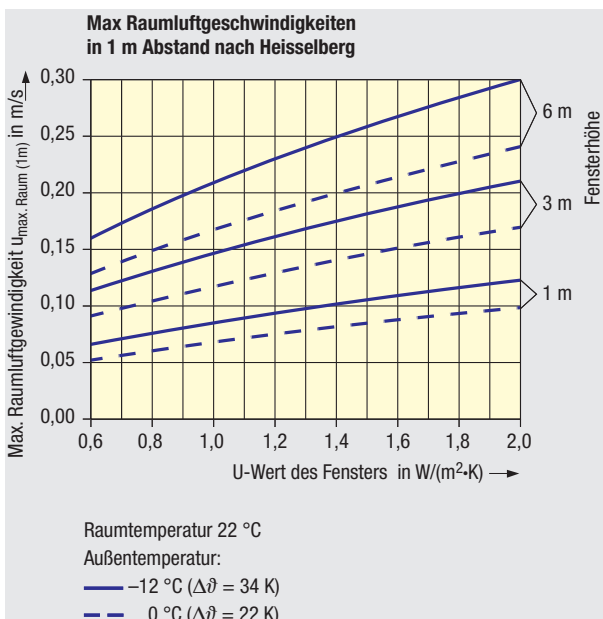


Bild 13: Raumluftgeschwindigkeiten durch Kaltluftabfall

## Zusammenfassung

Aktive Deckensysteme, die im Normalfall für den Kühlfall als Kühldecken ausgelegt werden, können bei Wärmebedarf auch zu Heizzwecken eingesetzt werden. Um die Behaglichkeitsanforderungen zu erfüllen, müssen jedoch verschiedene Randbedingungen erfüllt sein.

Da Heizdecken, anders als Heizkörper, im Brüstungsbereich keinen wirksamen Schutz gegen den Kaltluftabfall an kalten Fassaden bewirken, sollte dieser zusammen mit einem möglichen Risiko für Zugscheinungen betrachtet werden. Um einen störenden Kaltluftabfall zu verhindern, reichen die heutzutage zum Einsatz kommenden Fassaden mit U-Werten von ca.  $1,2\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  bei Büroraumhöhen bis ca. 2,8 m aus. Bei höheren Glasfassaden sollte eine Betrachtung insbesondere auch unter den Aspekt der Raumnutzung erfolgen.

In modernen Gebäuden beträgt der Wärmebedarf selten mehr als  $50\text{ W/m}^2$  Fußboden. Hier treten bei der Beheizung über Kühldecken keinerlei Probleme mit einem zu hohen vertikalen Raumlufttemperaturgradienten auf. Die höchste Kategorie der DIN EN ISO 7730 mit  $< 2\text{ K/m}$  kann eingehalten werden.

Falls zur Belüftung nur offenbare Fenster vorgesehen sind, ist der Lüftungswärmebedarf besonders zu betrachten. Insbesondere in Eckbüros mit erhöhtem Fassadenanteil könnten hier Probleme auftreten.

Haben die Räume eine mechanische Belüftung mit einem turbulenten Luftführungssystem, so wird durch die damit erzeugten Luftbewegungen einerseits die Temperaturschichtung abgebaut und andererseits der konvektive Heizleistungsanteil erhöht, so dass sich die angegebene Grenze von  $50\text{ W/m}^2$  deutlich nach oben auf  $100\text{ W/m}^2$  verschiebt.

Abschließend sind die Unterschiede bei der Auslegung und die Einsatzgrenzen für den Kühl- und den Heizfall tabellarisch zusammengefasst.

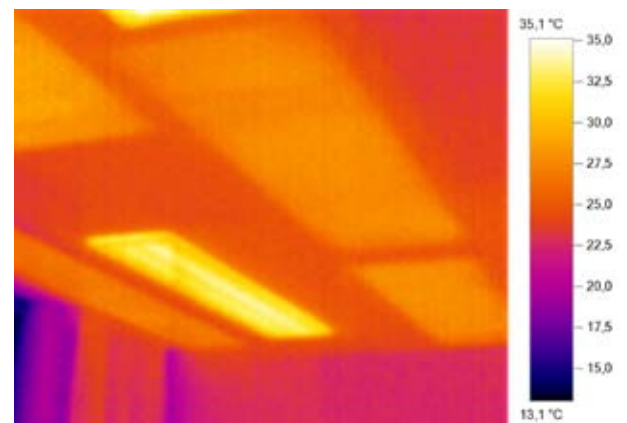


Bild 14: Thermoaufnahme (Heizfall)

# Heizen und Kühlen mit Decken

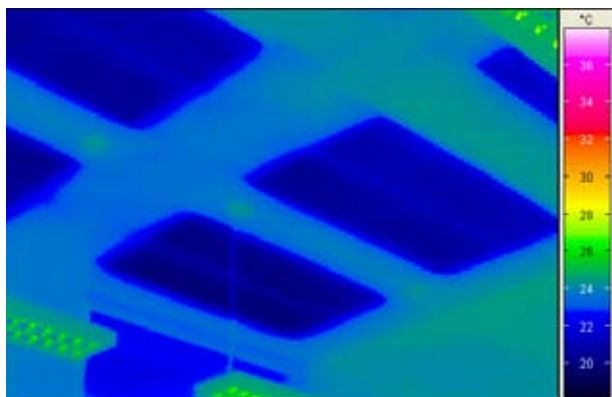


Bild 15: Thermoaufnahme (Kühlfall)

## Literatur

- [1] Jürgen Nickel: TAB Nr. 05/97, Seite 41 – 48
- [2] Glück, B.: Grenzen der Deckenheizung - Optimale Heizflächen-gestaltung, HLH, Nr. 6, 1994.
- [3] Heisselberg, P.: Stratified flow in rooms with a cold vertical wall. ASHRAE Trans. 1994, V. 100; Pt. 1

2012 Überarbeitung:  
 Detlef Makulla, Leiter Forschung und Entwicklung,  
 YIT Germany GmbH

	Kühlfall	Heizfall
<b>Wichtigster Auslegungsparameter</b>	max. erzielbare Kühlleistung (fabrikatsabhängig)	Behaglichkeitsanforderungen
<b>spez. Leistung</b> $\dot{q}_{\text{aktive Fläche}}$	<b>Strahlungsdecken</b> durch Taupunkt begrenzt, typisch 80 – 100 W/m <sup>2</sup>  <b>Konvektionsdecken</b> max. etwa 150 W/m <sup>2</sup> bei Raumluftgeschwindigkeit $\leq 0,15$ m/s	<b>Strahlungsdecken</b> bis etwa 90 W/m <sup>2</sup> bei geringer Belegungsichte ( $\vartheta_{\text{Vorlauf}} \approx 50$ °C)  <b>Konvektionsdecken</b> bis etwa 200 W/m <sup>2</sup> bei geringer Belegungsichte ( $\vartheta_{\text{Vorlauf}} \approx 50$ °C)
$\dot{q}_{\text{Raum}}$	abhängig von der Belegungsichte	begrenzt auf 50 – 100 W/m <sup>2</sup> durch Behaglichkeitsanforderungen (senkrechter Temperaturgradient und Strahlungsasymmetrie)
<b>Leistungsangaben</b>	sehr genau möglich (nach DIN EN 14240)	problematisch; Einfluss von Belegungsichte und Temperaturschichtung
<b>Behaglichkeitskriterien</b>		lastabhängig, etwa 2 K/m
Temperaturschichtung	praktisch keine	bei $\dot{q}_{\text{Raum}}$ 40 – 50 W/m <sup>2</sup> (ohne Lüftung)
Strahlungsasymmetrie	kühle Decke wird als positiv empfunden	bis etwa $\dot{q}_{\text{Raum}}$ 50 W/m <sup>2</sup> behaglich, darüber Kombination mit turbulenter Mischlüftung empfohlen
Raumluftgeschwindigkeiten	$\leq 0,15$ m/s (bei Leistungen bis ca. 150 W/m <sup>2</sup> )	Kaltluftabfall im Fassadenbereich unkritisch bis 3 m Scheibenhöhe und U-Wert von 1,2 W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>Einsatzgrenzen</b>		
$\dot{q}_{\text{aktive Fläche}}$	$\leq 160$ W/m <sup>2</sup>	50 – 200 W/m <sup>2</sup> (je nach Belegungsichte)
$\dot{q}_{\text{Raum}}$	ca. 120 W/m <sup>2</sup>	50 W/m <sup>2</sup> ohne mechanischer Lüftung 100 W/m <sup>2</sup> mit mechanischer Lüftung
U-Wert Fenster	kein Einfluss	$\leq 1,2$ W/(m <sup>2</sup> ·K) bei 3 m Scheibenhöhe

Tabelle 1: Vergleich von Kühlfall und Heizfall bei thermisch aktiven Decken