

KÜHLEN UND HEIZEN MIT DECKENSYSTEMEN



Richtlinie 15.1 Grundlagen und Möglichkeiten

Inhalt

1	Einführung.....	4
1.1	Thermische Behaglichkeit.....	5
1.1.1	Thermische Behaglichkeit im Kühlfall.....	7
1.1.2	Thermische Behaglichkeit im Heizfall.....	8
1.2	Energieeffizienz/Wirtschaftlichkeit.....	9
1.3	Hygiene und Wartung.....	10
1.4	Leistungsspektrum und Leistungsermittlung nach Systemart.....	11
1.5	Beschaffenheit des Heiz-/Kühlmediums.....	13
2	Deckensysteme mit Kühl- und Heizfunktion.....	14
2.1	Abgehängte Systeme.....	14
2.1.1	Metall- und Rasterdeckensysteme.....	14
2.1.2	Gipskarton-, Lehm und weitere geschlossene Deckensysteme.....	14
2.1.3	Hochleistungs-Heiz-/Kühldecken.....	15
2.1.4	Sonderbauformen.....	16
2.2	Bauteilintegrierte Deckensysteme.....	16
2.2.1	Eingeputzte Deckensysteme.....	16
2.2.2	Betonkernaktivierung.....	16
2.2.3	Oberflächennahe Bauteilaktivierung.....	17
3	Kondensatvermeidung im Kühlfall.....	18
4	Hydraulik und Regelung.....	18
5	Lüftung in Kombination mit Kühl- und Heizdecken.....	20
6	BVF Gütesiegel und spezialisierte Anbieter.....	21
7	Normen und Richtlinien.....	22
8	Literaturhinweise.....	23

Vorwort

Schon früh im Planungsprozess eines Neubaus oder einer umfassenden Modernisierung eines Objekts müssen sich Planer und Bauherren Gedanken über die geeignete Wärme-/Kälteerzeugung sowie die passenden Wärme-/Kälteverteilsysteme machen. Neben der fachgerechten Planung der Technik spielt auch der Aspekt der Behaglichkeit eine wesentliche Rolle im Entscheidungsprozess.

Die Behaglichkeit ist ein starkes Argument für den Einsatz einer Kühl- und Heizdecke, denn sie schafft für den Menschen ein angenehm temperiertes, zugfreies und hygienisches Umfeld. In wissenschaftlichen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit sehr stark von der Raumtemperatur abhängt. Kühldeckensysteme können also ein Raumklima schaffen, welches subjektiv das Wohlbefinden steigert und objektiv die Leistungsfähigkeit unterstützt.

Der Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (BVF) gibt mit dieser Richtlinie eine Zusammenfassung über Grundlagen und Möglichkeiten zum Kühlen und Heizen mit Deckensystemen heraus und richtet sich an Fachkundige und Interessierte, die sich mit der Frage des Einbaus eines geeigneten Heiz-/Kühlsystems in Wohn- u. Nichtwohnbauten beschäftigen.

1 Einführung

Das Bauen in Deutschland hat sich in den letzten Jahrzehnten stark gewandelt. Neben der mit Priorität notwendigen Veränderung der energetischen Bauweise hat sich auch eine Veränderung in der Bauausführung eingestellt. Am Beispiel abgehängter Decken lässt sich das sehr eindrucksvoll darstellen.

Hatten früher abgehängte Decken lediglich eine optische Funktion, zum Beispiel zum Verkleiden von Rohbauwerken (Betondecken oder Mauerwerk) oder Installationen, so wurde diese Baukonstruktion zunehmend als Multifunktionale Ebene konzipiert. Das Einsatzspektrum gestaltet sich breit gefächert.

Funktionen abgehängter Deckenkonstruktion

- Raumgestaltung - Verkleidung von Rohdecken
- Verkleidung Installationstechniken
- Raumakustik - Schallabsorption
- Beleuchtung - Lichtlenkung und Reflexion
- Raumtemperierung - Kühlen/Heizen

Durch die erfolgreiche Markteinführung der Kühldecke Ende der 80er Jahre, hat die Nutzung der Decke weiter zugenommen. Diese Systemtechnik, auch stille Kühlung genannt, entwickelte sich aufgrund dominanter Vorteile rasant zum führenden Raumkühlsystem in Europa.

Heute stehen wir vor einem nächsten Schritt. Die Entwicklung der Gebäudeheizlast ist mittlerweile so gering, dass auch die Raumheizung über die Aktivierung der Decke wirtschaftlich erfolgen kann. Das heißt, ein System zum Kühlen und Heizen und das mit uneingeschränkten Vorteilen.

1.1 Thermische Behaglichkeit

Das Raumklima beeinflusst das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit und auch die Gesundheit von Personen stark. Daher ist es Ziel der Raumtemperierung ein möglichst behagliches Raumklima zu erreichen.

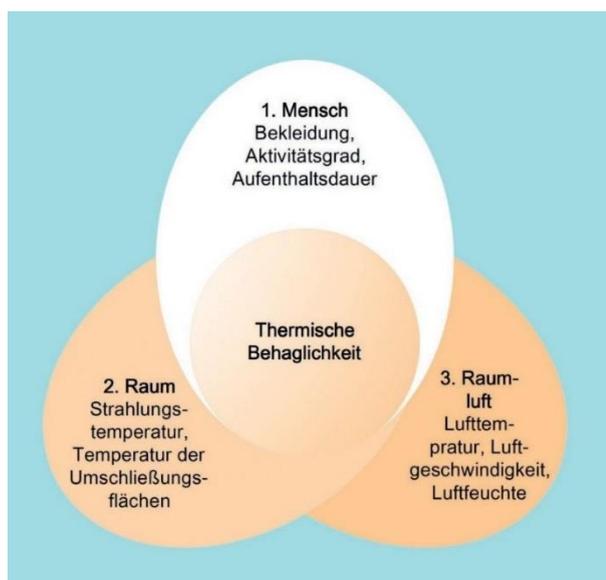
Der menschliche Körper versucht permanent einen ausgewogenen Wärmehaushalt sicherzustellen. Je geringer die hierfür erforderlichen Aufwendungen und Anstrengungen, desto behaglicher empfinden wir das Raumklima.

Die Einflüsse, welche zu einem behaglichen Raumklima beitragen, sind jedoch sehr vielseitig und können nicht alle durch Flächenheiz- und -kühlsysteme beeinflusst werden. Ebenso ist auch das persönliche Befinden und Empfinden, Bekleidung oder auch Aktivitätsgrad ausschlaggebend dafür, wie wir das Raumklima empfinden.

Folgende Parameter haben Einfluss auf unsere Wärmeabgabe und somit auf die Behaglichkeit:

- Luft- und Strahlungstemperatur
- Vertikaler Temperaturgradient
- Strahlungsasymmetrie
- Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad
- Bekleidung
- Aktivitätsgrad

Durch umfangreiche Untersuchungen wurden daher durchschnittliche Werte für diese Parameter festgelegt und in der DIN EN ISO 7730 zusammengefasst. Bei Einhaltung dieser Werte ist mit einem hohen Anteil zufriedener Personen in Bezug auf die Behaglichkeit zu rechnen.



Die Wärmeabgabe des Menschen erfolgt zum einen durch konvektive Wärmeübertragung an die Raumluft, zum anderen durch Wärmestrahlung an die Umschließungsflächen. Hierbei ergibt sich die empfundene Temperatur als Mittelwert aus Lufttemperatur und Strahlungstemperatur. Wir empfinden es dabei besonders behaglich, wenn ein hoher Anteil der Wärmeübertragung durch Strahlung erfolgt.

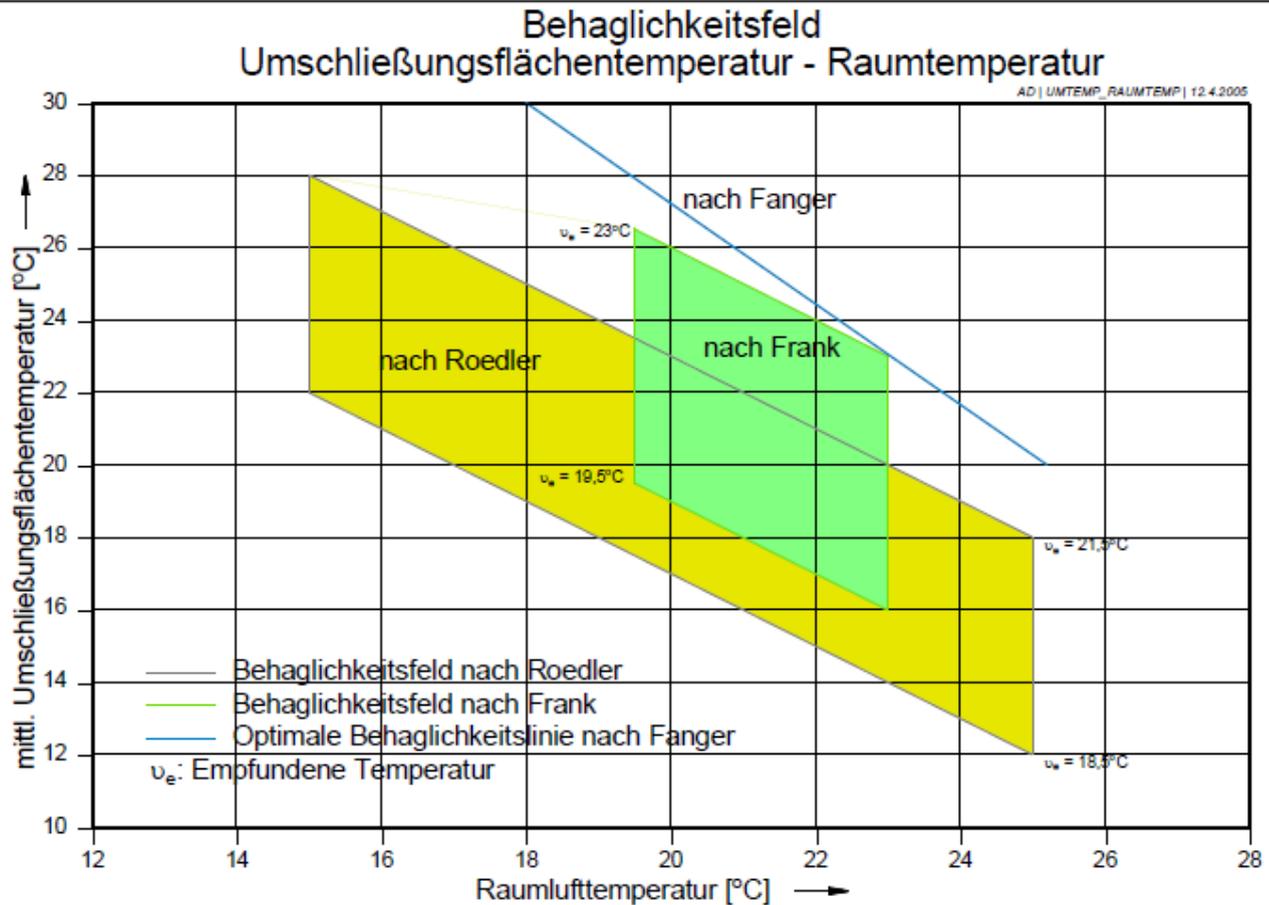


Abbildung 1: Behaglichkeitsfeld Umschließungsflächentemperatur - Raumtemperatur im Heizfall

Fazit: Die Temperaturen der Raumhülle (mittlere Umschließungsflächentemperatur) sind ausschlaggebend für die Behaglichkeit. Die Raumlufttemperatur ist nicht alleine ausschlaggebend.

Die thermische Behaglichkeit hängt u.a. von der operativen Temperatur – dem Mittelwert aus Lufttemperatur und der durchschnittlichen Oberflächentemperatur der raumumfassenden Flächen ab. Im Heizfall kann bei einer Erhöhung der mittleren Oberflächentemperatur der raumumfassenden Flächen die Raumlufttemperatur abgesenkt werden und die Raumluftqualität wird als angenehmer empfunden. Zum Wärmeaustausch des Menschen durch Konvektion und Verdunstung sind geringe Luftbewegungen notwendig und im Interesse der Behaglichkeit erwünscht.

Zur Vermeidung von Zug sollte die Luftgeschwindigkeit im Mittel kleiner als etwa 0,2 m/s bleiben. Unter Zug versteht man eine starke örtliche Abkühlung des Körpers durch Luftbewegung oder Wärmeabstrahlung.

Neben der Strahlungssymmetrie spielt das vertikale Raumtemperaturprofil ebenfalls eine wichtige Rolle für die Behaglichkeit.

1.1.1 Thermische Behaglichkeit im Kühlfall

Im Kühlfall wird dem Raum Wärme entzogen, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen. Dies muss in dem Maße erfolgen, dass sich für den Menschen eine möglichst hohe Behaglichkeit ergibt.

Hierbei kann es bei konventionellen Kühlsystemen, welche die Kühllast vorwiegend konvektiv über die Zuluft oder über Umluftgebläse abführen, häufig zu hohen Luftgeschwindigkeiten und Turbulenzen kommen, welche zu Zegerscheinungen führen und sich negativ auf die Behaglichkeit auswirken.

Bei der Kühlung über die Raumumschließungsflächen, bei der die Kühlleistung vorwiegend durch Strahlung übertragen wird, können diese Zegerscheinungen vermieden werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Anordnung der Kühlflächen im Raum. So zeigen Untersuchungen, dass eine Kühlung von der Decke als am behaglichsten empfunden wird. Weiterhin ist die Berührung einer Kühldecke während der Nutzung im Gegensatz zu Wand- oder Bodenflächen nicht von Bedeutung.

Keinen Einfluss nehmen können Flächenkühlsysteme auf die Luftqualität und Luftfeuchte. Besonders in Räumen mit hohen Feuchtelasten (z. B. Versammlungsräume) wird empfohlen Kühldecken mit einem Lüftungssystem zu kombinieren. Hierdurch wird der benötigte Außenluftvolumenstrom zur Atemluftversorgung und zur Abfuhr der Feuchtelast zur Verfügung gestellt.



1.1.2 Thermische Behaglichkeit im Heizfall

Im Heizfall wird dem Raum Strahlungswärme zugeführt, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen. Diese Wärme ergibt für die Menschen ein Höchstmaß an Behaglichkeit.

Werden Deckenflächen in Komfortbereichen wie etwa Büros oder Wohnungen zum Heizen eingesetzt, erfolgt dies mit sehr niedrigen wasserseitigen Vorlauftemperaturen zwischen 25 und 35 °C. Höhere Temperaturen sind nicht zu empfehlen.

Die Richtung der Wärmeübertragung erfolgt in diesem Fall von der Heizfläche an die anderen Umschließungsflächen und Gegenstände des Raumes. Bei den anwesenden Personen kehrt sich das aufgrund der höheren Körpertemperatur um. Sie geben in geringen Maße Wärme an die Deckenheizfläche ab.

Durch die relativ geringen Oberflächentemperaturen der Deckenheizfläche und den Temperatúraustausch mit den übrigen Raumflächen stellt sich eine niedrige Strahlungsasymmetrie ein. Wie bei allen Strahlungsflächenheizungen ergibt sich eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung über den kompletten Raum. Diese Umstände sowie eine sehr geringe Luftbewegung sorgen für eine hohe Behaglichkeit.

Sollen Deckenheizsysteme höhere Heizleistungen erbringen, ist dies bei den meisten Systemen grundsätzlich möglich. Um eine hohe Behaglichkeit zu erreichen, sollte im Raum allerdings eine möglichst niedrige Strahlungsasymmetrie vorhanden sein. Auch im Heizfall können Flächenheizsysteme keinen Einfluss auf Luftqualität und Luftfeuchte nehmen.



1.2 Energieeffizienz/Wirtschaftlichkeit

Komfortabel und dennoch energieeffizient ein Gebäude zu klimatisieren, erfordert meist Kompromisse. Die steigenden Energiekosten stehen dabei den wachsenden Ansprüchen an ein optimales Raumklima gegenüber. Flächenkühlsysteme bieten hier eine komfortable und energieeffiziente Lösung.

Im Vergleich zu konventionellen RLT Klimaanlage lassen sich Flächenkühl- und Heizsysteme mit einer deutlich höheren Energieeffizienz und hoher Wirtschaftlichkeit betreiben. Dies ist im Wesentlichen den niedrigeren Medientemperaturen im Heizbetrieb, beziehungsweise den höheren Medientemperaturen im Kühlbetrieb zu verdanken. Das größte Energieeinsparpotenzial beim Heizen und Kühlen eines Gebäudes liegt in der richtigen Wahl des Wärmeübergabesystems.

Energieeinspareffekt bei der Kälte- bzw. Wärmeerzeugung:

Durch das günstigere Temperaturniveau werden deutliche Energieeinspareffekte bei der Energieerzeugung im Heiz- und Kühlbetrieb erzielt. Konventionelle Kälteanlagen erreichen hierdurch besser Leistungszahlen und Wärmeerzeuger, insbesondere mit Brennwerttechnik, erreichen deutlich bessere Wirkungs- und Nutzungsgrade. Außerdem werden auch die Wärmeverluste bei der Energieverteilung minimiert.

Besonders hervorzuheben ist die ideale Kombination von Kühl- und Heizdeckensystemen mit regenerativen Energien. So stellen Flächenheiz- und Kühlsysteme die Basis für einen energieeffizienten und wirtschaftlichen Betrieb von Wärmepumpenanlagen dar. Durch das günstige Temperaturniveau werden so beste Leistungszahlen erreicht. Außerdem kann bei Wärmepumpen mit Erdsonden in vielen Fällen eine direkte Kühlung durch die Geothermie ohne Energieeinsatz für den Kältekreislauf erfolgen.

Ebenso lassen sich sehr gut freie Rückkühlsysteme einsetzen oder Niedrigtemperatur-Solarthermie, Fernwärme auf Niedrigtemperaturniveau und Ab- sowie Prozesswärme integrieren.

Einspareffekt Energietransport mit Wasser zu Luft

Zum Transport der Kälte bzw. Wärme von der Heiz-/Kältezentrale zur Wärmeübergabe in den Raum wird Transportenergie für Ventilatoren bzw. Umwälzpumpen benötigt.

Wasser hat im Vergleich zu Luft eine ca. 1.000-fach höhere Dichte und etwa die 4-fache spezifische Wärmekapazität. Hierdurch werden deutlich geringere Volumenströme und somit weniger Transportenergie benötigt, um die gleiche Energie zu transportieren.

Außerdem nehmen bei gleicher Energiemenge–Rohrleitungen viel weniger Installationsfläche in Anspruch als Lüftungskanäle. Hierdurch lassen sich Installationsschächte und –ebenen deutlich kleiner ausführen.

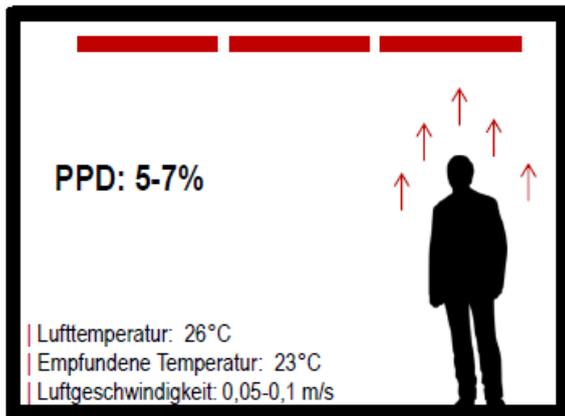
Energieeinspareffekt Strahlung zu Konvektion

Heiz- und Kühldecken-Systeme arbeiten zum Großteil nach dem Prinzip der Strahlung, während konventionelle Luft-Klimasysteme die Wärme vorwiegend durch Konvektion übertragen.

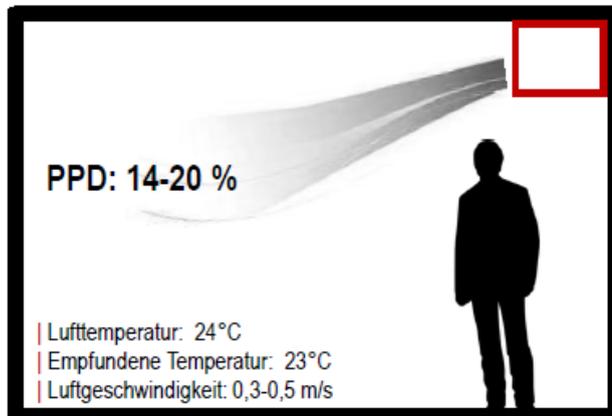
Durch das Prinzip des Strahlungsaustausches wird die Temperatur im Kühlfall niedriger sowie im Heizfall höher empfunden, als es die reine Lufttemperatur aussagt. Bei konvektiv arbeitenden Luft-Klimasystemen ist das Gegenteil der Fall.

Dadurch kann die Lufttemperatur ohne Komforteinbußen im Kühlfall angehoben bzw. im Heizfall abgesenkt werden, wodurch sich Energieverluste reduzieren. Allein durch diesen Effekt kann die Kühldecke im Vergleich zu Luft- Klimasystemen wesentlich wirtschaftlicher betrieben werden.

| Kühldecken



| Luft-Kühlsystem



Diese Grafiken zeigen, dass bei einer empfundenen Raumtemperatur von 23 Grad die Lufttemperatur bei einer Kühldecke weniger stark abgesenkt werden muss. Gleichzeitig ist der Zufriedenheitsgrad der Menschen bei der Kühldecke höher.

(PPD = predicted percentage of dissatisfied; Prozentualer Anteil der thermisch unzufriedenen Personen)

Fazit:

Die Energiekosten richten sich im Wesentlichen nach der Art des Wärmeübertragungssystems und der Energiequelle. Systeme mit effizienter Wärmeübergabe überzeugen durch eine optimale energetische Nutzung. Die Energieeinsparung ergibt sich durch energetisch günstigere Systemtemperaturen bei der Energieerzeugung, Wasser als effektiven Wärmeträger sowie die höheren bzw. niedrigeren Raumlufttemperaturen. Gleichzeitig steigt die thermische Behaglichkeit, was insbesondere die Nutzer der Räume täglich spüren können.

1.3 Hygiene und Wartung

Kühl- und Heizdeckensysteme erfreuen sich auch deshalb steigender Beliebtheit, da Vorteile unter anderem auch auf der Hygiene- und Wartungsseite zu finden sind. Kühl- und Heizdecken sind im Prinzip wartungsfrei. Derartige Systeme behalten ihre Gebrauchstauglichkeitseigenschaft durch das Funktionsprinzip der stillen Kühlung/stillen Heizung über die gesamte Nutzungsdauer. Durch das Fehlen von beweglichen Teilen (ausgenommen Verteiler, Mengeneinstellungen, Ventile) ist der Wartungsaufwand bei Kühl- und Heizdeckensystemen als minimal zu bezeichnen.

Kühl- und Heizdeckensysteme werden vorzugsweise auch in hygienisch sensiblen Bauobjekten eingesetzt. Da es sich je nach Ausführung in der Regel um Systeme mit hohem Strahlungsanteil handelt, entsteht im Raum kaum Konvektion und damit sehr wenig staubaufwirbelnde Luftbewegung. Dies kommt der Raumlufthygiene in großem Maße zugute.

Gemäß **VDI Richtlinie 6022, Raumlufttechnik, Raumluftqualität, Hygieneanforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte (VDI Lüftungsregeln)** sind im Sinne dieser Richtlinie auch Komponenten der stillen Kühlung wie Kühldecken angesprochen

In Tabelle 6, Checkliste für Hygienekontrolle, findet man in Bezug auf Kühldecken lediglich den folgenden Tätigkeitshinweis: Taupunktsensoren, Vorlaufleitungen, Regelkreise und Regelarmaturen sind alle 12 Monate auf Undichtigkeiten zu prüfen. Diese Komponenten sind jedoch Bestandteil jeder Heiz- und Kühlanlage und eher dem Wärmeverteilsystem zuzuordnen.

Kälte-/Wärmeerzeuger für die Kälte-Wärmeversorgung der Heiz-/Kühldeckensysteme sind jedoch besonders zu betrachten und bedürfen sehr wohl einer Wartung. Es gelten die Vorgaben der Hersteller.

1.4 Leistungsspektrum und Leistungsermittlung nach Systemart

Leistungsspektrum der verschiedenen Deckensysteme

Welche Kühl- und Heizleistungen mit Deckensystemen erreicht werden können hängt hauptsächlich von folgenden Faktoren ab.

- Konstruktiver Aufbau des Deckensystems
- Materialeigenschaften der Deckenbekleidung
- Material der Kühlregister
- Temperaturdifferenz $\Delta\theta = |\theta_R - (\theta_{VL} + \theta_{RL})/2|$ mit
 - Operativer Raumtemperatur θ_R
 - Vorlauftemperatur θ_{VL}
 - Rücklauftemperatur θ_{RL}
- Aktiver Anteil der Deckenfläche
- Geschlossene oder offene Decke

Eine Übersicht der erreichbaren Leistungen verschiedener System ist aus folgender Auflistung zu entnehmen:

Spezifische Kühlleistungen bezogen auf die aktive Fläche nach DIN EN 14240/DIN EN 1264

Systemart	Kühlleistung bei $\Delta\theta = 8 \text{ K}$	Kühlleistung bei $\Delta\theta = 10 \text{ K}$
Geschlossene Metalldecken	ca. 55 – 90 W/m ² _{aktiv}	ca. 70 – 110 W/m ² _{aktiv}
Frei abgehängte Metalldeckensegel	ca. 65 – 110 W/m ² _{aktiv}	ca. 80 – 140 W/m ² _{aktiv}
Geschlossene Gipskartondecken	ca. 40 – 75 W/m ² _{aktiv}	ca. 50 – 95 W/m ² _{aktiv}
Frei abgehängte Gipskartonsegel	ca. 55 – 95 W/m ² _{aktiv}	ca. 70 – 120 W/m ² _{aktiv}
Geschlossene Lehmbaudecken	ca. 45 – 80 W/m ² _{aktiv}	ca. 55 – 100 W/m ² _{aktiv}
Frei abgehängte Lehmbausegel	ca. 55 – 95 W/m ² _{aktiv}	ca. 70 – 120 W/m ² _{aktiv}
Konvektive Hochleistungsdecken	ca. 95 – 120 W/m ² _{aktiv}	ca. 120 – 150 W/m ² _{aktiv}
Eingeputzte Systeme	ca. 40 – 65 W/m ² _{aktiv}	ca. 50 – 85 W/m ² _{aktiv}
Betonkernaktivierung / Betonkerntemperierung	ca. 25 – 35 W/m ² _{aktiv}	ca. 30 – 45 W/m ² _{aktiv}
Oberflächennahe Bauteilaktivierung	ca. 50 – 70 W/m ² _{aktiv}	ca. 60 – 75 W/m ² _{aktiv}

Spezifische Heizleistungen bezogen auf die aktive Fläche nach DIN EN 14037:

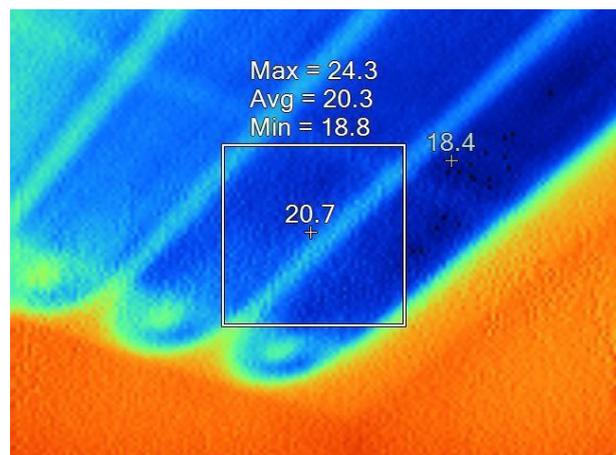
Systemart	Heizleistung bei $\Delta\theta = 10\text{ K}$	Heizleistung bei $\Delta\theta = 15\text{ K}$
Geschlossene Metalldecken	ca. 50 – 80 W/m ² _{aktiv}	ca. 75 – 120 W/m ² _{aktiv}
Frei abgehängte Metalldeckensegel	ca. 55 – 100 W/m ² _{aktiv}	ca. 80 – 150 W/m ² _{aktiv}
Geschlossene Gipskartondecken	ca. 35 – 70 W/m ² _{aktiv}	ca. 50 – 105 W/m ² _{aktiv}
Frei abgehängte Gipskartonsegel	ca. 45 – 80 W/m ² _{aktiv}	ca. 65 – 120 W/m ² _{aktiv}
Geschlossene Lehmbaudecken	ca. 40 – 75 W/m ² _{aktiv}	ca. 55 – 110 W/m ² _{aktiv}
Frei abgehängte Lehmbausegel	ca. 45 – 80 W/m ² _{aktiv}	ca. 65 – 120 W/m ² _{aktiv}
Konvektive Hochleistungsdecken	ca. 60 – 100 W/m ² _{aktiv}	ca. 90 – 150 W/m ² _{aktiv}
Eingeputzte Systeme	ca. 35 – 60 W/m ² _{aktiv}	ca. 50 – 90 W/m ² _{aktiv}
Betonkernaktivierung / Betonkerntemperierung	ca. 20 – 30 W/m ² _{aktiv}	ca. 30 – 45 W/m ² _{aktiv}
Oberflächennahe Bauteilaktivierung	ca. 60 – 70 W/m ² _{aktiv}	ca. 65 – 95 W/m ² _{aktiv}

Leistungsermittlung

Die Ermittlung der Kühlleistung von Deckensystemen erfolgt in genormten Prüfräumen und wird nach DIN EN 14240 ausgeführt. Hierbei wird eine Deckenfläche in diesen Prüfraum eingebaut und die Gesamt-Kühlleistung P bei definierten Bedingungen ermittelt.

Thermografieaufnahme von Wavin


Einbausituation im Prüfraum gemäß DIN EN 14240



Thermografie einer Kühldecke

1.5 Beschaffenheit des Heiz-/Kühlmediums

Wasser hat sich aufgrund seiner sehr hohen spezifischen Wärmekapazität als ein sehr guter Wärme- bzw. Kälteträger bewährt und wird in der Regel als Wärmetransportmittel in Heiz u. Kühldeckensystemen als Wärmetransportmedium eingesetzt.

Die Qualität des Wassers in einer Heiz- u. Kühldecke hat maßgeblichen Anteil an die Langlebigkeit und Effizienz der gesamten Systemtechnik. Darüber hinaus hat auch die Druckhaltung zentrale Bedeutung. Hierbei gilt es die Herstellerangaben und u. a. nachstehende Normen, Regelwerke und Richtlinien zu beachten:

- **VDI 2035 „Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen“ Blatt 1 + 2**
- **BTGA Fachregel 3.003 „Geschlossene Wassergeführte Kalt-bzw. Kühlwasserkreisläufe-zuverlässiger Betrieb unter wassertechnischen Aspekten“**
- **DIN EN 12828 „Heizungsanlagen in Gebäuden- Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen“**
- **VDZ Leitfaden „Druckhaltung und Wasserbeschaffenheit von Heizungsanlagen**
- **VDI 4708 „Druckhaltung, Entlüftung und Entgasung“**

Ob und in welchem Umfang ein Schutz vor Korrosion vorgenommen werden muss, hängt im Wesentlichen von den verwendeten Werkstoffen der gesamten Anlage und der Beschaffenheit des Heiz-/ Kühlwassers ab.

2 Deckensysteme mit Kühl- und Heizfunktion

2.1 Abgehängte Systeme

2.1.1 Metall- und Rasterdeckensysteme

Bei Metall- und Rasterkühldecken handelt es sich um Deckenplatten aus Stahl, Aluminium oder auch mineralischen Bauplatten, auf welche rückseitig Kühlregister aus Metall oder Kunststoff aufgebracht bzw. integriert sind, und mittels einer Konstruktion von der Rohdecke abgehängt werden. Die Decklage besteht hierbei aus Metallkassetten oder kleinformatigen mineralischen Bauplatten.

Die Abhängung von Metall- und Rasterkühldecken erfolgt entweder als geschlossene Decke oder als frei abgehängtes Deckensegel.

Geschlossene Decken bieten hierbei eine homogene Deckenunterschicht und es lassen sich sehr gut Installationen im Deckenhohlraum unterbringen. Durch die Möglichkeit die einzelnen Deckenplatten zu öffnen, ist diese Deckenvariante für Revisionszwecke sehr gut geeignet, ohne zusätzliche Revisionsöffnungen vorzusehen.

Die Abhängung von geschlossenen Decken erfolgt z.B. über sichtbare Bandraster, unsichtbare Einhängeprofile, eingelegt in T-Schienensysteme, oder aufgelegt z.B. auf Randwinkel in Flurbereichen.

Die Raumseitige Oberfläche der Deckenplatten lässt sich hierbei in vielen Farbtönen und mit verschiedensten Perforationen ausführen. Perforierte Deckenelemente bieten zudem hohe Schallabsorptionswerte zur Verbesserung der Raumakustik.

Die Verbindung der Heiz- u. Kühlregister mit den Deckenplatte erfolgt hierbei z.B. durch kleben, klemmen, einfräsen oder magnetisch mit dem Ziel, eine möglichst gute Wärmeübertragung zu erreichen. Je nach System werden zusätzlich noch Elemente zur besseren Wärmeverteilung auf der Deckenplatte eingesetzt.

Die Anbindung der Heiz- u. Kühlregister erfolgt in der Regel mit flexiblen Metall- oder Kunststoffschläuchen, entweder an Verteiler oder an eine Verteilverrohrung.

Sowohl in geschlossenen Metall- und Rasterdecken als auch in Deckensegel lassen sich sehr gut Einbauten wie Beleuchtung, Luftdurchlässe, Sprinkler oder Melder integrieren. Weiterhin bieten diese Systeme ideale Möglichkeiten zur Revision des Deckenhohlraumes.

2.1.2 Gipskarton-, Lehm und weitere geschlossene Deckensysteme

Gipskarton-, Lehm und weitere geschlossene Deckensysteme bestehen in der Regel aus großformatigen Bauplatten, welche über eine Unterkonstruktion von der Rohdecke abgehängt werden. Die Montage der Kühl- und Heizsysteme erfolgt zwischen oder unterhalb der Tragprofile der Unterkonstruktion aufgelegt auf bzw. eingefräst in die Bauplatten. Die sichtbare Decklage bilden Bauplatten aus verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten.

Folgende Materialien werden als Bauplatten verwendet

- Gipskarton
- Gipsfaser
- Faserzement
- Lehm

Die Unterkonstruktion besteht meistens aus Grund- und/oder Tragprofilen, welche in der Regel an der Rohdecke mit Deckenabhängern befestigt und ausgerichtet werden. Der Achsmittenabstand der Tragkonstruktion richtet sich nach der verwendeten Bauplatte und dem eingesetzten System.

Hierbei können die Deckensysteme vollflächig als geschlossene Decke oder partiell als Deckensegel

ausgeführt werden.

Gipskarton-, Lehm- und weitere geschlossene Deckensysteme lassen sich in unterschiedlichen Formen und Farben gestalten. Durch ihre ebene, fugenlose Oberfläche erfüllen sie höchste architektonische Anforderungen, jedoch werden für die Zugänglichkeit des Deckenhohlraums Revisionsöffnungen benötigt. Lochplatten mit unterschiedlichsten Ausführungen bieten zudem hohe Schallabsorptionswerte zur Verbesserung der Raumakustik.

Die Verlegung der Kühl- und Heizsysteme aus Metall- oder Kunststoffrohren erfolgt systemspezifisch nach Verlegeplan. Der für eine gute Wärmeübertragung notwendige direkte Kontakt zwischen Kühltechnik und Bauplatte wird durch auflegen, anpressen, verkleben oder einfräsen erzielt. Hierbei werden je nach System zusätzlich Elemente zur besseren Wärmeverteilung eingesetzt.

Nachdem die Kühl- und Heizsysteme in oder an der Unterkonstruktion montiert sind, werden sie nach Verlegeplan durch thermoschweißen, verlöten, verpressen oder durch Verbindungsschläuche miteinander verbunden und entweder an Verteiler oder an eine Verteilerverrohrung angeschlossen.

Da die Kühltechnik später nicht mehr zugänglich ist, muss vor dem finalen Verschließen der Decke in jedem Fall eine Druckprobe durchgeführt werden.

Gipskarton-, Lehm- und weitere geschlossene Trockenbau-Deckensysteme zeichnen sich vor allem durch ihre flexiblen, hochwertigen Gestaltungsmöglichkeiten und die Anpassungsfähigkeit an die bauseitigen Gegebenheiten aus.

2.1.3 Hochleistungs-Heiz-/Kühldecken

Hochleistungs-Heiz-/Kühldecken ermöglichen eine Raumkühlung ohne Einsatz von Ventilatoren oder Raumklimageräten. Die erwärmte Raumluft steigt natürlich nach oben und wird über die medium durchströmten Kühlkörper (Wärmetauscher) abgekühlt und sinkt dann abgekühlt langsam wieder nach unten. Anders als bei RLT-Anlagen handelt es sich um laminare Luftgeschwindigkeiten, die für ein behagliches Raumklima sorgen.

Mit den speziell konstruierten Deckenkonstruktionen können hohe Wärmelasten abgeführt werden. Anders als bei der geschlossenen Kühldecke wird aufgrund der offenen Deckenkonstruktion auch die dem Raum abgewandte Seite zur Kühlung und Heizung genutzt. Die Leistung summiert sich aus Strahlung und Konvektion und kann bis zu dem doppelten einer geschlossenen Kühldecke betragen. Diese Systeme, in Fachkreisen auch „Konvektionsdecke“ genannt, wird zur Abfuhr hoher Wärmelasten in häufig hohen Räumen verschiedener Nutzung, z. B. (Flughäfen, Film- und Fernsehstudios, Ausstellungsräume etc.) eingesetzt. Derartige Decken unterscheiden sich im Prinzip durch zwei verschiedene Systemvarianten.

- Sichtbare Systeme (Produktionsstätten, Industrie u. Gewerbe, TV- Film Studios, etc.)
- Verdeckte Systeme oberhalb eines offenen Deckensystems (Büros, Eingangshallen, etc.)

System Ausgestaltung

Zur Erreichung einer hohen Kühlleistung werden die medium führenden Rohre möglichst wie ein Wärmetauscher ausgestaltet. Durch Anbringen von Lamellen oder Rippen wird die Übertragungsfläche vervielfacht. Je nach Konstruktion und Ausführung könne diese entsprechend der zu erzielenden Kühlleistung entsprechend in einem verschiedenen Winkel ausgerichtet werden. So kann der konvektive Anteil bis auf ca. 60 – 70 % erhöht werden. Je nach Konstruktion sind Leistungen bis zu 200 W/m² möglich.

Noch höhere Leistungen können durch Anordnung von mehrlagigen Kühlregistern untereinander angeordnet, oder durch den Einsatz von s. g. Deckenkühlkonvektoren erzielt werden. Bei Deckenkühlkonvektoren werden die Kühlregister mit extrem geringen Rohrabständen eingesetzt. Bei Abständen von 3-6 mm kann der konvektive Anteil des Wärmeaustausches auf ca. 90 – 95 % erhöht werden. Kühldecken werden in der Regel Raumflächig verbaut. Sonderkonstruktionen (Deckenkonvektoren) werden häufig auch als kompakte Einheit gezielt, im Bereich oberhalb des Arbeitsplatzes angeordnet.

Hier besteht aber auch die Möglichkeit mit von der sichtbaren Decke abgehängte Konstruktionen zu arbeiten. Diese Konstruktionen werden in Fachkreisen Kühldeckensegel genannt, die zunehmend im Objektbau als gestalterisches Element, einschließlich Beleuchtung (LED-Technik) Verwendung finden.

2.1.4 Sonderbauformen

Werden lediglich Teile der Deckenfläche abgehängt und als Flächen zum Kühlen oder Heizen aktiviert spricht man von einem **Kühl- und/oder Heizsegel**. Mit derartig ausgeführten Systemlösungen sind ästhetisch ansprechende Lösungen möglich. Deckensegel können als Metall-, Gipskarton- Lehm oder weitere fugenlose Konstruktionen in verschiedenen Formen und Abmessungen ausgeführt werden. Sie erfreuen sich aufgrund der freien architektonischen Gestaltung zunehmender Beliebtheit und haben auch positiven Einfluss auf die Raumakustik. Durch den höheren Konvektionsanteil kann eine Leistungsverbesserung gegenüber geschlossenen Decken von bis zu 30-40% erreicht werden.

Kühl- und Heizsegel bieten aufgrund ihrer Konstruktion einen breiten Spielraum für die Deckenarchitektur. Hervorragend lassen sich Beleuchtung, Lüftung und sonstige nützliche Funktionselemente integrieren und bieten mit hoher spezifischer Kühl- und Heizleistung ein hohes Maß an Behaglichkeit und thermischen Komfort.

Aktive Deckensegel eignen sich in idealer Weise für den Büro- und Verwaltungsbau. Sie bieten die Möglichkeit, gezielt als Insellösung - z. B. ausgerichtet an Arbeitsplätzen - eingesetzt zu werden. Auch lassen sie sich mit großflächigen Kühl- und Heizdeckensystemen ideal kombinieren.

2.2 Bauteilintegrierte Deckensysteme

2.2.1 Eingeputzte Deckensysteme

Bei eingeputzten Systemen handelt es sich um Heiz- und Kühlsysteme in Form von Rohren oder Systemmodulen die an Betonrohdecken oder anderen festen Deckenoberflächen befestigt werden und anschließend mit Zement-, Kalk-, Gips- oder Lehmputz eingeputzt werden.

Der Untergrund muss zur Aufnahme des Putzes eine ebene Fläche aufweisen und trocken sein. Die Herstellerangaben des Putzherstellers sind hierbei Folge zu leisten. Der Untergrund ist zwingend vom Putzer nach VOB Teil C DIN 18350 bzw. nach VOB Teil B DIN 1961 zu prüfen. Es ist zu klären, ob die Grundfläche einer Vorbehandlung unterzogen werden muss. Hierbei sind immer die Richtlinien und Hinweise der Putzhersteller zu beachten.

Die Verlegung der Heiz-Kühlsysteme erfolgt systemspezifisch nach Verlegeplan. Die Systemmodule werden mit Dübel und Schrauben, die Rohrregister mittels angeschraubten U-Schienen an der Decke befestigt

Nachdem die Systeme an der Rohbetondecke oder festen Deckenoberfläche montiert sind, werden sie nach Verlegeplan miteinander zu Heiz- bzw. Kühlzonen verbunden und an Verteiler oder an eine Verteil-Verrohrung angeschlossen.

Der Putz wird jetzt nach Herstellerangaben vom Putzer mit geringer Rohrüberdeckung aufgebracht. Es ist darauf zu achten, dass während des Verputzens die Heiz- Kühlsysteme mit Wasser gefüllt sind und unter Druck stehen.

2.2.2 Betonkernaktivierung

Die thermische Betonkernaktivierung (BKA), Betonkerntemperierung (BKT) bzw. Bauteilaktivierung (BTA) bezeichnet Systeme, die Massivdecken oder auch Massivwände zur Temperaturregulierung nutzen. Durch die bei der Erstellung von Massivdecken verlegten Rohrleitungen wird meistens Wasser als Kühl- bzw. Heizmedium geleitet. Die Massivdecke wird dabei als Übertragungs- und Speichermasse thermisch aktiviert. Das massive Bauteil nimmt die Wärme vom Medium oder vom Raum auf, speichert sie und gibt sie zeitversetzt an den Raum oder das Medium weiter. Es kommt hierbei zu einer Phasenverschiebung zwischen Energieerzeugung und -abgabe. Im Sommer kann die Nachtauskühlung zur Kühlung des Mediums und zur Entnahme der Wärmeenergie aus dem Raum

genutzt werden. Tagsüber werden die Räume dann durch Wärmeabfluss in den kalten Decken bzw. Wänden gekühlt. Diese Systeme werden in der Regel zur Abdeckung der Grundlast eingesetzt.

Die Verlegung der Heiz-Kühlsysteme erfolgt systemspezifisch nach Verlegeplan. Die Rohrleitungen können individuell auf der Unterbewehrung bzw. auf den Filigrandecken montiert oder als vorgefertigte auf Baustahlmatten montierte Rohrmodule innerhalb der Bewehrungslagen eingebaut werden.

Nachdem die Systeme in der Rohbetondecke montiert sind, werden sie nach Verlegeplan miteinander zu Heiz- bzw. Kühlzonen verbunden und an Verteiler oder an eine Verteil-Verrohrung angeschlossen.

Die Betonarbeiten sind gemäß DIN 18331, DIN EN 206 und DIN 1045 auszuführen. Es ist darauf zu achten, dass während des Betonierens die Heiz- Kühlsysteme *mit Wasser gefüllt sind und* unter Druck stehen.

2.2.3 Oberflächennahe Bauteilaktivierung

Oberflächennahe Bauteilaktivierungssysteme bilden die konsequente Weiterentwicklung der klassischen Betonkernaktivierung. Mit derartigen Systemen kann nicht nur die Grundlast zum Heizen bzw. Kühlen, sondern in vielen Fällen der Gesamtbedarf eines Gebäudes gedeckt werden. Diese Systeme werden auch als thermisch aktive Bauteilsysteme (TABS) bezeichnet.

Oberflächennahe Bauteilaktivierungssysteme wurden für alle gängigen Deckenkonstruktionen wie z.B. Ortbeton und Fertigteildecken entwickelt.

Durch die hohe Leistungsfähigkeit - bei kurzer Reaktionszeit - werden diese Systeme den heutigen Anforderungen an Behaglichkeit und Komfort in modernen Gebäuden gerecht. Die oberflächennahe Positionierung der Rohre sorgt für einen guten Wärmeübergang, so dass Gebäude bedarfsgerecht geheizt bzw. gekühlt werden können. Die Register haben eine sehr geringe Aufbauhöhe und werden mit einem geringen Abstand zur Deckenoberfläche direkt auf der Deckenschalung verlegt und befestigt. Eine weitere Lösung ist die Integration von Rohrregistern oder Kapillarrohrmatten in das Filigrandeckenelement bereits im Filigrandeckenwerk. Die Breite und Länge der Module richtet sich nach den Gegebenheiten des Gebäudes.

In der Regel bestehen die werksseitig vorgefertigten Rohrregister aus einer Kunststoffträgermatte zur Lastenaufnahme der unteren Deckenbewehrung mit Eindringöffnungen für den Beton. Hierdurch ist eine in Abhängigkeit von der baulichen Qualität der Ortbetondecke schalungsreine Deckenoberfläche realisierbar.

Die Trägermatten dienen in der Regel zugleich als begehbare obere Abdeckung zum Schutz der Registerrohre aus Kunststoff.

Die Abmessungen der wasserführenden Rohre betragen je nach verwendetem System zwischen 8 und 12 mm.

Bei Nutzung von Kapillarrohrmatten ist keine Trägermatte erforderlich. Für TAB-Systeme werden Kapillarrohrmatten mit 4,3-4,5 mm Rohrdurchmesser verwendet.

Oberflächennahe Bauteilaktivierungssysteme zeichnen sich durch vergleichsweise hohe Kühl- bzw. Heizleistungen aus.

Je nach verwendetem Kühl-bzw. Heizmedium lassen sich ca. 50 -95 W/m² erzielen.

Vorteile:

- Hohe Heiz- und Kühlleistungen durch voll- oder teilflächige Aktivierung der Deckenflächen
- Gleichmäßige Temperaturverteilung
- Einfache Montage
- Wartungsfreies System
- Optimal mit regenerativen Energien kombinierbar durch günstige Systemtemperaturen
- Ansprechendes Design und architektonische Freiheiten bei den Deckenoberflächen
- Kurze Aufheiz- und schnelle Reaktionszeiten
- Relative geringe Betriebs- und Energiekosten
- Keine verwirbelnden Konvektionen

3 Kondensatvermeidung im Kühlfall

Im Kühlbetrieb kann an Rohren und Flächen von Deckensystemen Kondensat entstehen. Die Feuchte der warmen Raumluft kann sich hier absetzen, wenn die Oberflächentemperatur die Taupunkttemperatur der Raumluft unterschreitet. Dank einer Überwachung können jedoch rechtzeitig Maßnahmen ergriffen werden, um dieses zu verhindern. Durch die Verwendung von hygroskopischen Materialien kann der Taupunkt für eine gewisse Zeit unterschritten werden.

Bei den heute üblichen Systemen wird entweder die Vorlauftemperatur oberhalb des Taupunkts gehalten oder der Kühlwasserzufluss wird bei Erreichen der kritischen Temperatur zeitweise unterbrochen.

4 Hydraulik und Regelung

Technische Regeln und Verordnungen fordern den hydraulischen Abgleich als ein Erfordernis beim Bemessen und Einregulieren von Wasserverteilsystemen insbesondere in Heiz- und Kühlanlagen. Dabei geht es um das richtige Auswählen von Armaturen, Pumpen und Rohren, das Bestimmen und Einstellen von Regulierwiderständen oder selbsttätig wirkenden Abgleichorganen und um die Sicherstellung der Sollverteilung der Wasserströme auf die einzelnen Übergabeeinrichtungen wie z.B. Heiz- oder Kühlflächen für den Auslegungsfall.

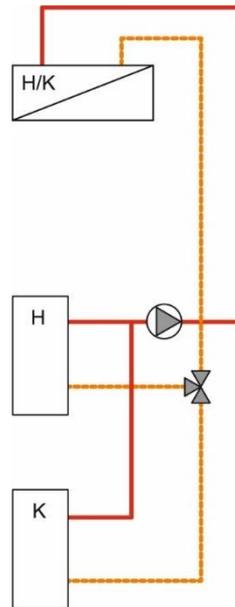
Eine maßgebende Rolle spielt die Regelfähigkeit des Systems, um einen optimalen Komfort mit einem Minimum an elektrischen und thermischen Aufwand zu erzielen.

Die einwandfreie Funktion hängt von der Auswahl der hydraulischen Komponenten ab. Durch deren richtigen Einsatz können die v. g. Ziele erreicht werden.

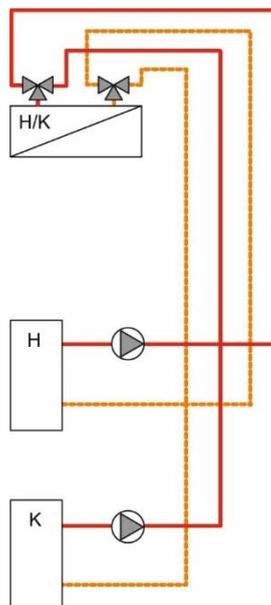
Hydraulische Komponenten sind:

- Druckunabhängige Einregulier- und Regelventile
- Kombinierte Einregulier- und Regelventile
- Regelventile mit Rücklauftemperatur-Regler
- Differenzdruckregler
- Strangreguliertventile
- 6-Wege-Ventile

Bei Zweileitersystemen, d.h. ein Vorlauf und ein Rücklauf, wird zentral zwischen den Betriebsarten Heizen/Kühlen umgeschaltet. Ein und dasselbe Leitungssystem mit einem Vorlauf und einem Rücklauf wird für beide Betriebsarten verwendet. Da bei diesen Systemen kein individuelles paralleles raum- oder zonenweises Heizen und Kühlen möglich ist, sind Zweileitersysteme vor allem in kleineren Objekten verbreitet.



Das Vierleitersystem besteht aus je einem Vor- und Rücklauf für die Heizfunktion und einem weiteren Vor- und Rücklauf für die Kühlfunktion. Hierdurch ist das individuelle Heizen und Kühlen einzelner Räume oder bestimmter Zonen möglich. Beispielsweise können so in größeren Objekten Räume, die nach Norden ausgerichtet sind beheizt und Räume mit Südausrichtung gleichzeitig gekühlt werden. Die wasserseitige Umschaltung der Betriebsart erfolgt dezentral für einzelne Zonen, z.B. über 6-Wege-Ventile.



Der hydraulische Abgleich je Raum bzw. Zone erfolgt bei beiden Systemen in der Regel über kombinierte Einregulier- und Regelventile, vorzugsweise in Verbindung mit vorgeschalteten Differenzdruckreglern je Strang/Gruppe.

Für ideale Bedingungen nicht nur im Auslegungsfall sondern auch unter Teillast sorgen Druckunabhängige Einregulier- und Regelventile je Raum bzw. Zone. Dieser sogenannte dynamische Abgleich gewährleisten eine richtige Verteilung und Einhaltung der erforderlichen Heiz- bzw. Kühlwasserströme unter allen Betriebszuständen.

Mittels entsprechender Raumthermostate erfolgt die gruppen- oder raumweise Ansteuerung der zugehörigen Stellantriebe, bei größeren Gebäuden unter Einbindung in Gebäudeautomationssysteme.

Im Kühlfall ist eine Taupunktunterschreitung regelungstechnisch zu vermeiden.

5 Lüftung in Kombination mit Kühl- und Heizdecken

Beim Einbau von Kühl-/Heizdecken ist das Thema der Raumbelüftung ebenfalls zu betrachten, um den aus hygienischen Gründen erforderlichen Luftaustausch gemäß den geltenden Normen und Richtlinien sicherzustellen. Man unterscheidet hier zwischen einer mechanischen Be- und Entlüftung und einer Fensterlüftung.

Nachteilig bei der Fensterlüftung ist, dass diese in höheren Gebäuden aufgrund der Winddruckproblematik nur mit hohem Zusatzaufwand einsetzbar ist. Ferner ist sie nur in der Übergangszeit sinnvoll nutzbar, da im Winter Behaglichkeitsprobleme aufgrund der kalten Luft auftreten und im Sommer durch den Eintritt von warmer Außenluft eine zusätzliche Kühllast entsteht. Ferner ist bei der Fensterlüftung keine Wärmerückgewinnung möglich.

Die mechanische Belüftung weist die Nachteile nicht auf. Zudem kann die Raumlufffeuchte kontrolliert werden, so dass es nicht zu unangenehmen Abschaltungen bei feuchtwarmer Witterung aufgrund der Kondensationsgefahr kommt.

Flächenkühl- und Heizsysteme sind mit verschiedenen Lüftungssystemen kombinierbar. Häufig wird die Kombination mit einer Quellaufströmung gewählt, aber auch die Mischlüftung kann problemlos angewandt werden.

Ein weiterer Vorteil der mechanischen Lüftung ist es, dass die Kühl- bzw. Heizleistung aufgrund der aufgeprägten Luftbewegung durch Deckenluftdurchlässe ansteigt. Die Ursache hierzu ist die Wärmeübergangszahl, welche durch die Luftbewegung steigt. Auch bietet die mechanische Lüftung Vorteile im Heizbetrieb der Decke, da der vertikale Raumlufftemperaturgradient sinkt und somit die Heizleistung effektiver im Raum verteilt wird.

6 BVF Gütesiegel und spezialisierte Anbieter

Das BVF-Gütesiegel soll allen Beteiligten – vom Fachplaner über den Fachhandwerker bis hin zum Endkunden – Orientierung und Sicherheit im stetig wachsenden Marktsegment der Flächenheizungen und Flächenkühlungen bieten.

Die Hersteller, die das Siegel tragen dürfen, garantieren damit, dass sie den umfangreichen Kriterien-Katalog des BVF erfüllen.

Das BVF-Gütesiegel ist beim Deutschen Patent- und Markenamt unter der Nummer 30 2018 105 344 eingetragen und europaweit geschützt. Es steht für die gesicherte, zertifizierte Systemqualität der Produkte mit Gewährleistung. Sie profitieren von individuellen Lösungen aus einer Hand und erhalten damit ein effizientes, normgerechtes sowie innovatives Flächenheizungssystem. Das erleichtert dem Installateur die Arbeit und der Endverbraucher darf sich über eine dauerhaft effiziente und behagliche Flächenheizung freuen, bei der auch der langfristige technische Service sichergestellt ist. Durch die Vorgabe und Überprüfung strenger und transparenter Standards verhilft das BVF Siegel zu einer klaren Orientierung, es schafft Vertrauen und Sicherheit bei allen Beteiligten – vom Planer, über den Fachhandwerker bis zum Endkunden.

Weitere Informationen über den Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. sind unter:

www.flaechenheizung.de

www.bvf-siegel.de

www.flaechenheizungsfinder.de



7 Normen und Richtlinien

DIN EN 14240	Lüftung von Gebäuden - Kühldecken - Prüfung und Bewertung
DIN EN 14037	An der Decke frei abgehängte Heiz- und Kühlflächen für Wasser
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
VDI 2078 (Kühllastberechnung)	Berechnung von thermischen Lasten und Raumtemperaturen
DIN EN 12831	Heizsysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
VDI 6034	Raumkühlflächen-Planung, Bau und Betrieb
VDI 6031	Abnahmeprüfung von Raumkühlflächen
DIN EN ISO 7730	Gemäßigtes Umgebungsklima Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit (ISO 7730:1994)
DIN EN 15251	Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
DIN EN 12828	Heizungsanlagen in Gebäuden. Planung und Installation von Warmwasser-Heizungsanlagen- gen. Anhang B (informativ) Thermische Behaglichkeit
DIN 18942-1 DIN 18942-100	Lehmbaumstoffe, Teil 1: Begriffe Lehmbaumstoffe, Teil 100: Konformitätsnachweis
DIN 18945	Lehmsteine, Anforderungen und Prüfverfahren
DIN 18946	Lehmmauermörtel, Anforderungen und Prüfverfahren
DIN 18947	Lehmputzmörtel >3mm, Anforderungen und Prüfverfahren
DIN 18948	Lehmplatten, Anforderungen und Prüfverfahren
DIN 4726	Warmwasser-Flächenheizungen, Kunststoffrohr- und Verbundrohrleitungssysteme
DIN EN 16798-3	Lüftung von Nichtwohngebäuden-Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme
DIN 1946-6	Erstellen eines Lüftungskonzepts
ATV DIN 18380	Heizungsanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen
DIN EN 14336	Heizungsanlagen in Gebäuden – Installation und Abnahme von Warmwasser-Heizungsanlagen
DIN 4108	Wärmeschutz im Hochbau
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
VDI 2073-2	Hydraulik in Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau
BTGA Fachregel 3.002 3.003	Druckprüfung und Spülung von Heizungsinstallationen Geschlossene wassergeführte Kalt- bzw. Kühlwasserkreisläufe – Zuverlässiger Betrieb unter wassertechnischen Aspekten
Weitere wertvolle Hinweise und Informationen können im Internet unter: http://www.flaechenheizung.de	

8 Literaturhinweise

Rechnagel Sprenger Schrameck

Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 2017/2018

Oldenburg Industrieverlag

Konrad Miksch

Energieeffiziente Lösungen im Wohnungsbau

Handbuch für Analyse, Planung und Projektabwicklung

VDE Verlag

BVF

Informationsdienst Flächenheizung und Flächenkühlung

Schnittstellenkoordination in bestehenden Gebäuden

Ausgabe Mai 2018

BVF

Informationsdienst Flächenheizung und Flächenkühlung

Schnittstellenkoordination im Neubau

Ausgabe 2019

Fachverband Gebäude Klima e.V.

Raumkühlung durch flächenorientierte Systeme

(Download unter www.Raumkuehlsysteme.de)

TAIM e.V.

Technisches Merkblatt Metalldecken als Heiz-und Kühldecken

Technisches Handbuch Metalldecken

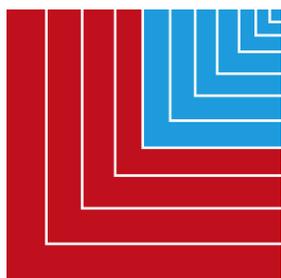
Disclaimer:

Die in dieser Broschüre genannten relevanten Normen und Arbeitsblätter sind auf dem Stand Mai 2019.

Urheberrechtshinweis:

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Weg und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur aus- zugswiseiger Verwertung, erhalten

Falls nicht anders angegeben alle Bilder Quelle: BVF



Wandweg 1 · 44149 Dortmund

Telefon: +49 231 618 121 31 ·

Telefax: +49 231 618 121 32

**Bundesverband
Flächenheizungen und
Flächenkühlungen e.V.**

