

INFORMATIONSDIENST FLÄCHENHEIZUNG



+ KÜHLUNG

Bauteilintegrierte Systeme der Flächenheizung und Flächenkühlung – Aufbau und Funktionsweise

Stand: April 2010

Richtlinie Nr.: 11

Herausgegeben vom:
Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V.
Hochstraße 115 • 58095 Hagen
Tel.: +49 (0) 23 31 / 20 08 50 • Fax: +49 (0) 23 31 / 20 08 17
www.flaechenheizung.de
info@flaechenheizung.de



Beheizte Fußboden-, Wand-, und Deckenkonstruktionen haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nahezu jedes zweite Ein- und Zweifamilienhaus wird heute bereits mit einer Flächenheizung ausgestattet.

Wirtschaftlicher und energieeffizienter Betrieb, günstige raumlufthygienische Verhältnisse, zukunftsorientiertes und umweltfreundliche Niedertemperatursysteme, sind die Aspekte bei der Entscheidung. Das bringt Behaglichkeit für die Nutzer.

Neben der Heizfunktion bietet sich darüber hinaus für die heißen Sommermonate die „stille“ Flächenkühlung über das vorhandene System an.

Um die hohen Anforderungen an Funktion, Wohnkomfort und Behaglichkeit zu erfüllen, müssen bei der Planung und Herstellung einige Aspekte berücksichtigt werden. Hier geben die vorhandenen BVPF- Informationsdienste praxisnahe Hilfestellungen.

Die vorliegende Information beschreibt die Planung und die Ausführung von bauteilintegrierten Heiz- und Kühl-Systemen in neu zu errichtenden und bestehenden Gebäuden.

Einleitung

Thermische Behaglichkeit im Raum

Der Mensch ist in der Lage, sich den äußeren Bedingungen anzupassen.

Der Bereich der thermischen Behaglichkeit übt einen wesentlichen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit aus. Die

Grenzen des Bereichs thermischer Behaglichkeit sind jedoch fließend, da eine Vielzahl von Faktoren die Behaglichkeit beeinflusst. Hier sind zum Beispiel zu nennen:

Gebäudebauart und das persönliche Empfinden sowie der Gesundheitszustand des Nutzers. Auch psychische Faktoren haben Einfluss auf das Behaglichkeitsempfinden des Menschen.

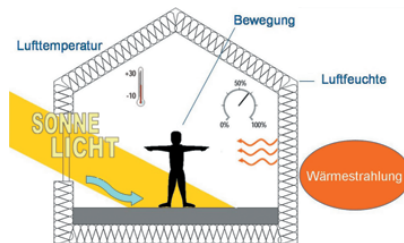


Abb.1
Einflussfaktoren der thermischen Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit lässt sich durch Festlegung durchschnittlicher Werte wie z.B. für Luftzustände und Umgebungsfächentemperaturen definieren.

Der aktuelle Erkenntnisstand über thermische Behaglichkeit ist in der DIN EN ISO 7730 zusammengefasst.

Das Temperaturempfinden des Menschen hängt wesentlich von der Wärmebilanz des Körpers ab.

Parameter für das positive Empfinden des Umgebungsklimas sind hiernach:

- Luft- und Strahlungs-Temperatur
- Luftgeschwindigkeit
- Luftfeuchte
- körperliche Tätigkeit
- Bekleidung

Die Wärmeproduktion des Menschen ist abhängig vom Stoffwechsel und vom Tätigkeitsgrad.

Der menschliche Körper versucht ständig, die Körpertemperatur von 37°C und somit einen Gleichgewichtszustand zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe aufrecht zu erhalten.

Die Hauptwärmeabgabe erfolgt über Wärmeabstrahlung zu Umschließungsflächen mit niedrigeren Oberflächentemperaturen.

Je tiefer die Temperatur der Umschließungsflächen, desto höher muss die Raumluft erwärmt werden um eine zufrieden stellende Behaglichkeit zu erreichen.

Umgekehrt kann bei höheren Temperaturen der Umschließungsflächen die Raumlufttemperatur bei gleicher Behaglichkeit deutlich reduziert werden.

Der gleiche Effekt gilt für die Flächenkühlung. Die Raumlufttemperatur muss über

die Umschließungsflächen nicht so weit reduziert werden wie bei einer Luft-Klimaanlage, um eine vergleichbare Behaglichkeit zu erzielen.

Aufgabe eines optimalen Heizsystems ist es, den Menschen nicht aufzuheizen, sondern den Strahlungsaustausch in angenehme Verhältnisse zu bringen.

Durch das Beheizen bzw. Kühlen der Umgebungsfächen des Raums wird die optimale thermische Behaglichkeit erreicht.

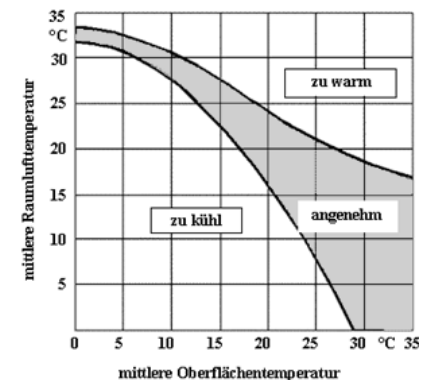


Abb.2
Thermische Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumtemperatur und Raumumschließungstemperaturen

Das von Flächenheizungen/-kühlungen erzeugte Wohnklima kommt den physiologischen Bedürfnissen des Menschen besonders entgegen.

Es beeinflusst vor allem den Wärme- und Feuchtehaushalt des Menschen und wirkt positiv auf das vegetative Nervensystem, das die autonomen Körperfunktionen steuert.

Kühlen mit Flächenheizungen

Flächenorientierung von Boden- / Wand- / Decken-Systemen

Grundsätzlich sollten alle Flächenheiz- und -kühlssysteme unabhängig von ihrer Orientierung als Gesamtkonstruktion verstanden werden. Die Komponenten sowie Planung und Ausführung der unterschiedlichen Gewerke müssen systematisch aufeinander abgestimmt sein.

Die Anforderungen an beheizte und/oder gekühlte in Bauteilen integrierte Flächen sind vielfältig.

Dämmung, Kühl-/Heizleistung, mechanische Beanspruchung, Nutzlast, Abdichtung, Feuchteempfindlichkeit und die Raumgestaltung sind zu berücksichtigen.

Die physikalischen wärme- und kühltechnischen Eigenschaften der zu heizenden/kühlenden Flächen sind wesentlich von ihrer Orientierung also Boden, Wand oder Decke abhängig. Die Einbindung in den Baukörper ist zudem abhängig von der Raum- und Gebäudegeometrie.

Die Kombination von unterschiedlichen Orientierungen kann je nach zugrunde gelegtem Heiz-/Kühl-Konzept sinnvoll sein.

Aufgrund von Strahlungs- und Konvektionsvorgängen ergeben sich durch die Ausrichtung der aktiven Flächen erhebliche Unterschiede in ihrem Leistungsspektrum. Zur Optimierung der angestrebten Heiz- und Kühlleistungen ist auch die Auswahl von Deckenverkleidungen, Wand- und Bodenbelägen mit den zugehörigen spezifischen Energieübertragungseigenschaften z.B.

- Wärmeübergangskoeffizienten
- Strahlungssymmetrie/-verhalten zu berücksichtigen.

Bewertung der Flächen für den Heiz- und Kühlfall

Boden

Für den Standardfall kann davon ausgegangen werden, dass der Boden hohe Heizleistungen aufweist, die eine komfortable und energiesparende Beheizung erlauben. Für den Kühlfall sollte der Boden als Grundkühlung betrachtet werden.

Es stellen sich Raumtemperaturen ein, die einen deutlichen Komfortvorsprung im Vergleich zu nicht gekühlten Gebäuden erzielen.

Für ein angenehmes Raumklima kann die Grundkühlung über den Boden durch den großflächigen milden Wärmeentzug gut eingesetzt werden.

Nachfolgend Wärmeübergangskoeffizienten und resultierende Leistungen für Bodenheizflächen und Bodenkühlflächen:

Bodenheizung
 $\alpha = \text{ca. } 11,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $q = \text{bis ca. } 100 \text{ W/m}^2$

Bodenkühlung
 $\alpha = \text{ca. } 7,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $q = \text{max. ca. } 30\text{--}40 \text{ W/m}^2$

Höhere Bodenkühlleistungen können in großflächig verglasten Eingangshallen, Autohäusern oder offen gestalteten Atrien bei direkter Sonneneinstrahlung erzielt werden.

Der Energieüberschuss durch direkte Sonneneinstrahlung auf die Bodenflächen kann direkt abgeführt werden. Hier bietet sich die Bodenkühlung an, da die überschüssige Energie genau dort abgeführt wird, wo sie entsteht.

Wand

Ein Großteil der Raumumfassungsflächen besteht aus senkrechten Wänden. Diese können zur Raumheizung- und/-kühlung genutzt werden. Im Vergleich zur Bodenheizung ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Wärmeübergangskoeffizient geringer ist als am Boden.

Da ein dauerhafter Kontakt zu den Wänden meist ausgeschlossen werden kann, können höhere Heizleistungen durch höhere Oberflächentemperaturen erreicht werden.

Hierzu muss jedoch auch die mittlere Heizwassertemperatur angehoben werden.

Da oft nicht jede Wand im Raum zur Verfügung steht, ist zu prüfen, ob eine Kombination aus Wand- und Bodenheizung zur Minimierung der mittleren Heizwassertemperaturen sinnvoll ist.

Die Einbindung einer Wandheizung/-kühlung in den Baukörper ist abhängig von der Raum- und Baugeometrie.



Abb.3
Wandheizsystem für Nassverlegung

Nachfolgend Wärmeübergangskoeffizienten und resultierende Leistungen von Wandheizflächen/-kühlflächen:

Wandheizleistung
 $\alpha = \text{ca. } 8,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $q = \text{bis ca. } 160 \text{ W/m}^2$

Wandkühlleistung
 $\alpha = \text{ca. } 8,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $q = \text{max. ca. } 40\text{--}50 \text{ W/m}^2$

Decke

Die Deckenheizung /-kühlung kann als Bauart A direkt in den Putz eingearbeitet werden, wodurch reaktionsschnelles Heizen und Kühlen ermöglicht wird. Diese Variante ist auch sehr gut für Gebäudesanierung geeignet.



Abb.4:
Deckenheiz-/kühlsystem in der Putzschicht integriert

Weiter sind aber auch schnell reagierende, von der Decke entkoppelte und abgehängte Systeme möglich.



Abb.5
abgehängtes Deckenheiz-/kühlsystem

Nachfolgend Wärmeübergangskoeffizienten und resultierende Leistungen für Deckenheiz-/kühlflächen:

Deckenkühlung
 $\alpha = \text{ca. } 11,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $q = \text{bis ca. } 50\text{--}60 \text{ W/m}^2$

Deckenheizung
 $\alpha = \text{ca. } 6,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $q = \text{bis ca. } 50 \text{ W/m}^2$

Aspekte der Bauphysik für den Kühlfall

Wird mit einem Flächenheizungssystem gekühlt, muss dem Aspekt Kondenswasserbildung erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Eine Flächenkühlung ohne regelungstechnische Berücksichtigung der Feuchte ist nur in Ausnahmefällen möglich. Die Luft in einem Gebäude enthält stets ein gewisses Maß an Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf. Die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf aufzunehmen wächst mit ihrer Temperatur.

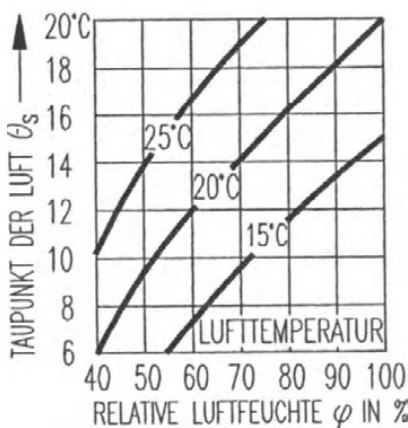
Unter dem Taupunkt versteht man die Temperatur, bei der 100% Sättigung erreicht wird und somit keine weitere Feuchtigkeit mehr aufgenommen werden kann. Besonders an Kühlflächen, auf denen die Temperatur niedrig ist, kann dieser Punkt relativ schnell erreicht werden. Als Folge wird „Schwitzwasser“ an diesen Flächen entstehen.

Das in Flächenkühlungssystemen zirkulierende Wasser darf daher eine kritische Temperatur nicht unterschreiten. Dies kann durch unterschiedliche Verfahren erreicht werden.

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

Räume, bei denen mit sehr hohem Feuchtigkeitsanfall zu rechnen ist, z.B. Badezimmer und Küchen, werden in der Regel vom Kühlbetrieb ausgenommen.

Eine ausführliche Beschreibung eines Berechnungsverfahrens für die Feuchtigkeitsverhältnisse in Baukonstruktionen z.B. Wänden (Glaser-Verfahren) findet sich in der DIN 4108-3 (07-2001).



Taupunkttemperaturen in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit

Einfluss von Boden- und Wandbelägen auf die Heiz-/Kühlleistung

Die Leistungsabgabe im Heiz- und Kühlfall wird entscheidend durch den Wärmeleitwiderstand des Boden- bzw. Wandbelags beeinflusst. Dies ist auch bei der Auslegung einer Fußboden- oder Wandheizung/-kühlung zu berücksichtigen. So bedarf es bei Verwendung von Bodenbelägen mit hohen Wärmeleitwiderständen wie z.B. Teppichböden einer Erhöhung der Heizmitteltemperaturen, um den erhöhten Wärmeleitwiderstand auszugleichen.

Für den Kühlfall bedeutet dies eine erforderliche Absenkung der Kaltwassertemperatur, die aber auf Grund der Taupunktunterschreitung nicht beliebig tief erfolgen kann.

Daher sollten besonders bei der Planung von Objekten mit Flächenheiz- und -kühlssystemen sowie hohen spezifischen Lasten vorzugsweise Boden-/Wandbeläge mit günstigem, also niedrigem Wärmeleitwiderstand berücksichtigt werden.

Verwendung regenerativer Kühlquellen

Die Nutzung von regenerativen Kühlquellen stellt eine kostengünstige Lösung für die Kühlung bzw. Temperierung von Objekten jeder Größe dar. Als regenerative Kühlquelle kann vor allem das Erdreich oder Grundwasser genutzt werden. Außenluft eignet sich als Kühlquelle nur begrenzt, da diese im Kühlfall meist gleiche bzw. höhere Temperaturen aufweist als der zu kühlende Raum.

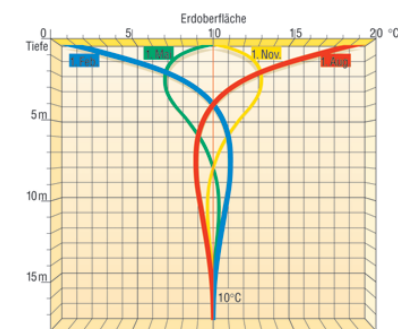


Abb. 6
Jahrestemperaturverlauf im Erdreich (°C), Quelle BWP

Passive Kühlung

Bei der passiven Kühlung wird der Temperaturunterschied zwischen zu kühlendem Raum und der natürlichen Kühlquelle genutzt. Beispielsweise kann mit einem Wärmeaustauscher das entsprechende Temperaturniveau übertragen werden. In dieser Betriebsart sind lediglich die Umwälzpumpen in Betrieb.

Durch fortlaufenden Wärmeeintrag kann die Kühlleistung abnehmen. Erfahrungsgemäß eignen sich durch Bohrung eingebrachte Erdsonden besser für den passiven Kühlbetrieb als oberflächennahe Erdkollektoren.

Die erreichbare Kühlleistung richtet sich nach der installierten Übertragerfläche der Bodenheizung.

Selbst wenn die errechnete Kühllast und die geplante Raumtemperatur nicht erreicht werden, stellen sich Raumtemperaturen ein, die einen deutlichen Komfortvorsprung im Vergleich zu nicht gekühlten Gebäuden haben.

Für ein angenehmes Raumklima kann die Grundkühlung über den Boden durch den großflächigen milden Wärmeentzug gut eingesetzt werden.

Aktive Kühlung

Für die aktive Kühlung wird Energie (Strom/Gas...) benötigt, um eine Kältemaschine oder eine umschaltbare Wärmepumpe anzutreiben. Der Kältekreislauf besteht aus den folgenden Grundbestandteilen:

- Verdampfer
- Verdichter
- Verflüssiger
- Expansionsorgan

Ein umlaufendes Transportmedium, das so genannte Kältemittel, entzieht dem zu kühlenden Raum über den Verdampfer überschüssige Wärme.

Diese Wärmeenergie wird über den Verflüssiger an die Umgebung wieder abgegeben. Zur Funktion des Kältekreislaufs ist ein Verdichter erforderlich, der den Kreislauf aufrecht erhält und für den Transport des Kältemittels sorgt.

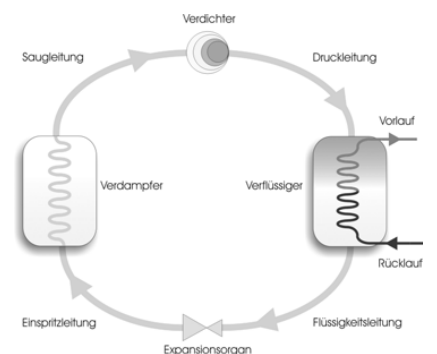


Abb. 7
Funktionsschema Kältekreislauf

Bei Objekten mit anfallenden Kühllasten über das gesamte Jahr, werden zunehmend Kältemaschinen verwendet, mit denen sowohl aktive und passive Betriebsweise möglich ist.

Diese Maschinen arbeiten bis zu einer bestimmten Außentemperatur in passiver Betriebsweise. Nach Erreichung einer maximalen Außentemperatur, d.h., die Temperaturdifferenz zwischen zu kühlenden Gebäude und Umgebung reicht für einen passiven Kühlbetrieb nicht mehr aus, schaltet die Kältemaschine selbsttätig auf aktiven Kühlbetrieb um. Diese Kombination aus aktiver und passiver Kühlung macht so eine sehr kostensparende Betriebsweise möglich.

Regelung kombinierter Flächenheiz- und -kühlsysteme

Um eine kombinierte Flächenheizung/-kühlung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und optimalen Behaglichkeitsbedingungen betreiben zu können, bedarf es einer auf die speziellen Anforderungen konzipierten Regelanlage.

Allgemeine Anforderungen an Regelanlagen gekoppelter Systeme ergeben sich wie folgt:

- Optimale Energienutzung
- Einfache verständliche Regelung
- Präzises Einhalten der Solltemperatur
- Zeitgenaues Erreichen der Solltemperatur
- Schnelle Reaktion auf wechselnde Einflüsse

Gekoppelte Flächenheiz-/-kühlsysteme bieten insgesamt viele Vorteile gegenüber konventionellen Systemen.

Finanzen

- Niedrige Investitionen
- Niedrige Betriebskosten
- Eine Anlage mit zwei 2 Funktionen
- Wartungsfreiheit

Energetik

- Nutzung regenerativer Quellen möglich
- Hohe Energieeffizienz durch niedrige Heizmittel- und hohe Kühlwassertemperaturen. d.h. wenig Energieverluste

Umschalten Heizen/Kühlen

Bei der Umschaltung von Heizen auf Kühlen ist darauf zu achten, dass alle beteiligten Regelorgane diese Information erhalten. Im Kühlfall müssen die Stellantriebe der Einzelraumregelung (im Gegensatz zum Heizfall) bei steigender Raumtemperatur geöffnet werden. Dies wird durch ein Signal (potentialfreier Umschaltkontakt) sichergestellt.

Zweileitersysteme

Bei Zweileitersystemen, d.h. ein Vorlauf und ein Rücklauf, wird zentral zwischen den Betriebsarten Heizen/Kühlen umgeschaltet. Ein und dasselbe Leitungssystem mit je 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.

Vierleitersysteme

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 ist es in größeren Objekten so möglich, Räume die nach Norden ausgerichtet sind, zu beheizen und Räume mit Südausrichtung gleichzeitig zu kühlen.

Die Umschaltung der Betriebsart erfolgt über elektronische Regelungen mit elektrisch angetriebenen Regelventilen.

Einbindung von Wärmepumpen

Wärmepumpen lassen sich aufgrund ihres niedrigen Temperaturniveaus in idealer Weise mit Flächenheizungen und auch Flächenkühlsystemen optimal betreiben. Da die Heizmittelltemperatur ca. 35°C beträgt, können Wärmepumpen im einfachsten Fall direkt an den Heizkreis angebunden werden.

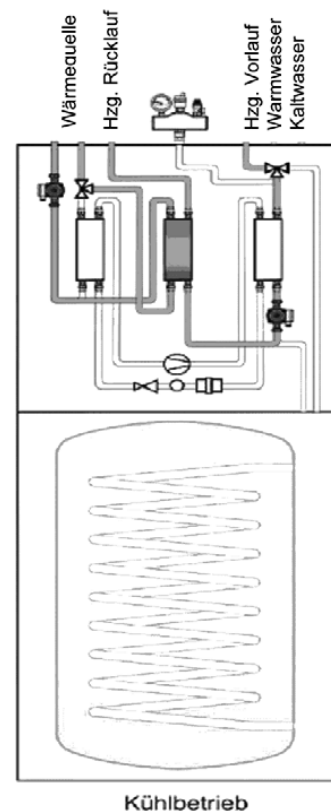


Abb. 8
Funktionsschema Sole/Wasser-Wärmepumpe mit passiver Kühlfunktion

Wärmepumpen benötigen für einen einwandfreien Betrieb eine Mindestdurchflussmenge.

Daher ist für einen störungsfreien Betrieb der Wärmepumpe ein Pufferspeicher grundsätzlich zu empfehlen. Mit geringen zusätzlichem regelungs- und anlagentechnischen Aufwand kann mit Flächenheizungen über die Wärmepumpe auch gekühlt bzw. temperiert werden.

Die als passive Kühlung bezeichnete Betriebsweise lässt sich so sehr kostengünstig verwirklichen.

Viele Wärmepumpenhersteller bieten hier bereits entsprechende anschlussfertige Lösungen mit passiver oder aktiver Kühlfunktion auch für kleinere Objekte an.

Ausgeführte Anlagenbeispiele

Fußbodensysteme

Beispiel 1

Bankgebäude
Büro-, Schulungs- und Schalterräume
Bruttofläche 10.000 m²
Heizen und Kühlen mit einem Fußboden-
heizungssystem auf einer Hohlraumboden-
konstruktion
Wärme-/Kälteversorgung über Wärmepum-
pe mit 64 Erdsonden



Beispiel 2

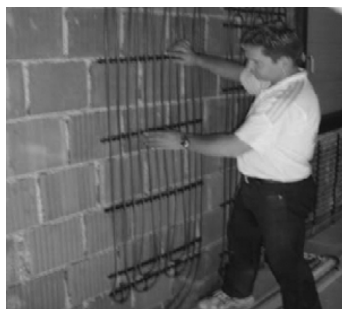
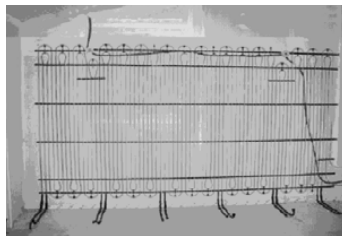
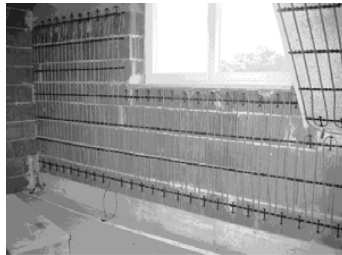
Hotelgebäude
Flächenheiz-/kühlsystem in 25 Suiten, einer
Lounge, dem Festsaal und Foyer
Im Rahmen der Hotelenerweiterung wurden
ca. 7.500 m Flächenheiz-/kühlrohre ver-
baut.



Wandsysteme

Beispiel 1

Stadtvilla
Wohn- und Schlafräume
Bruttowandfläche 300 m²
Wärme-/Kälteversorgung über
Sole-/Wasserwärmepumpe mit
Horizontalkollektor



Beispiel 2

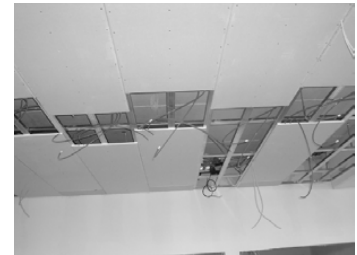
Produktions- und Entwicklungs-
gebäude
Wandheizung/-kühlung ca. 540 m²



Deckensysteme

Beispiel 1

Produktions- und Entwicklungsgebäude
3000 m² Bruttofläche
Produktions-, Entwicklungs- und Laborräume
Heizen und Kühlen mit Deckenheiz- und
Kühlplatten
Wärmeversorgung über Gaskessel 40/34°C
Kälteversorgung über Kaltwassersatz 14/17°C



Beispiel 2

Spezialklinik
Behandlungs- und Warteräume
mit 300 m² Kühldecke



Anhang

Normen und Richtlinien

DIN EN 12828	Heizungssysteme in Gebäuden -Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen-
DIN EN 12831	Heizungsanlagen in Gebäuden -Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast-
DIN EN 12831	Beiblatt 1 -Nationaler Anhang NA-
VOB DIN 18380	-Heizanlagen und zentrale Wasser-erwärmungsanlagen-
DIN EN 1264	Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
VDI 2078	-Kühllastberechnung-
DIN EN ISO 7730	-Thermische Behaglichkeit-
DIN 4108-3	-Klimabedingter Feuchteschutz-
DIN 18386	-Gebäudeautomation-
VDE 0100	-Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V-

Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV legt u. a. Anforderungen an die regeltechnischen Einrichtungen einer Heizanlage fest.

Bei der Verminderung des Energiebedarfs kommt der Regelung der Heizungsanlage eine wichtige Rolle zu.

So können durch den Einbau einer Einzelraumregelung deutliche Einsparungen an wertvoller Heiz-Energie erzielt werden.

Dementsprechend sind in § 14 der EnEV Anforderungen an Einrichtungen zur Steuerung und Regelung gestellt. Während im Satz (1) die Anforderungen an die Zentralheizung aufgeführt sind, wird in Satz (2) zusätzlich eine raumweise Regelung der Raumtemperatur gefordert.

Eine Nachrüstung ist auch in bestehenden Gebäuden in Bezug auf Energieeinsparung und Komfort sehr sinnvoll.

Literaturhinweise

Radtke U.
Heizungs-Journal Verlags-GmbH
Das ABC der Flächenheizung und Flächenkühlung
ISBN 3-924788-16-2

Beuth-Verlag
Systemzusammenstellung von Flächenkühlungen
Gütesicherung RAL-GZ 963/2
Deutsches Institut für Güte-Sicherung u. Kennzeichnung E.V.
Beuth-Verlag

Fachinstitut Gebäude-Klima
Stille Kühlung: Energieeinsparung durch den Einsatz von alternativen Systemen der „stillen“ (passiven) Kühlung in Bürogebäuden und energetische Bewertung der Kälteerzeugung für die „Stille Kühlung“
Bietigheim-Bissingen, Gebäude-Klima e.V. 1997

Schloz T.
Informationszentrum Raum und Bau
Stuttgart
Kühlung mit Solarenergie
Stuttgart, IRB-Verl., 1991, 3. erw. Auflage

Informationszentrum Raum und Bau
Stuttgart
Informationszentrum Raum und Bau
der Fraunhofer-Gesellschaft . Nr.661
Kühlung mit Solarenergie
Stuttgart, IRB Verl. 1985
1. Auflage

Glück B.
Bewertungsmaßstab zur optimalen Anordnung
Gesundheitsingenieur 1991, Heft 2

Glück B.
Heizen und Kühlen über Wand und Deckenflächen
HLH 1991, Heft 9

Glück B.
Kriterien zum Einsatz thermisch aktiver Flächen,
Stadt und Gebäudetechnik 1992, Heft 5

Cousin R.
Raumklimatisierung aus der Wand
HLH 1990

Hauser G.
Wasserdurchströmte Decken zur Raumkonditionierung
20. internationaler Arlberg-Kongress 1998

Olesen B.W.
Flächenheizung und Kühlung – Einsatzbereiche für Fußboden- Wand- und Deckenheizung
19. internationaler Arlberg Kongress 1997

Herausgegeben vom:
Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V.
Hochstraße 115 • 58095 Hagen
Tel.: +49 (0) 23 31 / 20 08 50 • Fax: +49 (0) 23 31 / 20 08 17
www.flaechenheizung.de
info@flaechenheizung.de

Hinweis:

Das 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 auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.