

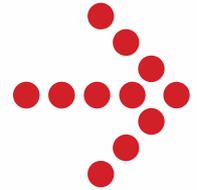
# Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Wirkprinzip, Bauarten, thermische Behaglichkeit und Energieeffizienz

Frank Hartmann (BDH) im Fachdialog mit:

Prof. Michael Günther (TGA Consulting)

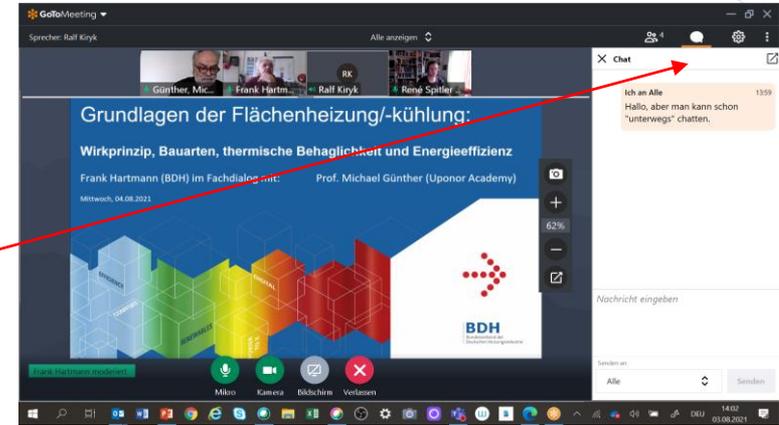
Mittwoch, 19.04.2023



**BDH**  
Bundesverband der  
Deutschen Heizungsindustrie

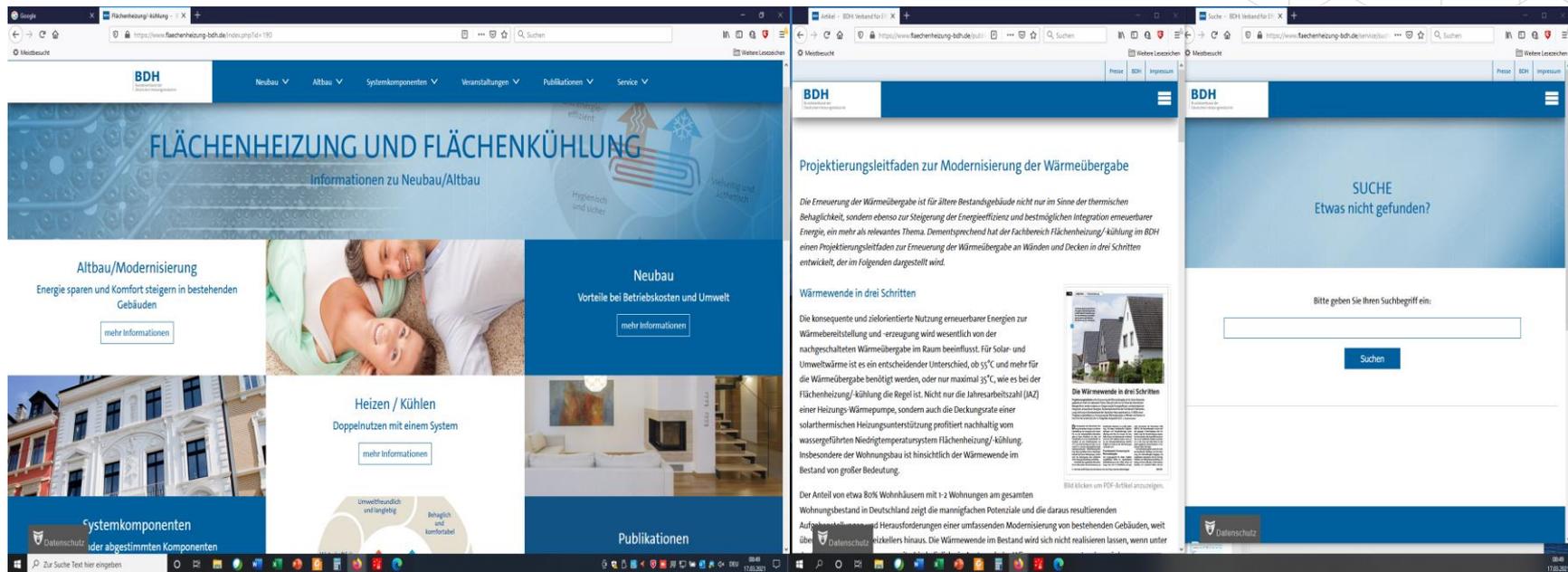
# Der Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH

- ➔ SPIELREGELN zu diesem Online-Seminar
- ➔ Bitte deaktivieren Sie Ihre Kamera und ihr Mikrofon.
- ➔ Bitte nutzen Sie den Chat für Ihre Fragen, die wir am Ende des Vortrags gemeinsam beantworten.



<https://www.flaechenheizung-bdh.de/>

# Der Fachbereich Flächenheizung/-kühlung im BDH



Die Mitgliedsunternehmen des Fachbereichs finden Sie auf unserer Website <https://www.flaechenheizung-bdh.de/system/hersteller-flaechenheizung-und-flaechenkuehlung-deutschland> und am Ende dieser Präsentation.

<https://www.flaechenheizung-bdh.de/>

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden



## Einleitung – „Der nächste Sommer wird (k)ein heißer...“

- Im Dialog 1

## Die Flächenkühlung – thermische Behaglichkeit und Energieeffizienz

- Der Nutzen eines komfortablen Raumklimas
- Die Energieeffizienz der aktiven und passiven Kühlung
- Leistungsbereiche der Flächenkühlung – Ankühlung / Vollkühlung
- Im Dialog 2

## Die Bauarten

- Fußboden, Decke und Wand
- Thermisch aktive Bauteilsysteme (TABS)
- Im Dialog 3

## Die Regelungstechnik

- Zentrale Regelung, Zonen- und Einzelraumtemperaturregelung
- Taupunktüberwachung /hydraulischer Abgleich
- Im Dialog 4 – Fazit – *Chat...*

## „Der nächste Sommer wird (k)ein heißer ...“

### Zwei Funktionen in einem System Heizen und Kühlen



**2** INTERVIEW

Frank Hartmann ist Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH, 51145 Köln, frank.hartmann@bdh-koeln.de, www.flaechenheizung-bdh.de

### Im System denken

**Trends und Entwicklungen bei der Flächenheizung/-kühlung** – Die alte Sichtweise der reinen Fußbodenheizung ist längst überholt. Auch an Wand und Decke ist die Flächenheizung mittlerweile zu einem wichtigen Baustein der Wärmewende geworden. Gleichzeitig gewinnt die Flächenkühlung zunehmend an Bedeutung. Im Interview mit der SBZ erläutert Frank Hartmann, dass für diese Trends und Entwicklungen einiges an neuem Knowhow benötigt wird. Dafür bietet der Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie (BDH) dem SHK-Handwerk umfassende Unterstützung.

**SBZ:** Herr Hartmann, Sie sind seit sieben Jahren als Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen?  
**Frank Hartmann:** Unsere Mitgliedsunternehmen bieten ausgefallene Systeme der Flächenheizung/-kühlung für alle Anwendungen an Boden, Wand und Decke in Nass- und Trockenbauweise an. Dazu kommt eine Vielzahl von Modernisierungssystemen, die insbesondere für die Erneuerung der Wärmeübergabe im Bestand entwickelt wurden und stetig weiterentwickelt werden. Auch neue Montagetechnologien, wie z. B. das Klebtystem schreiben in ihrer Akzeptanz voran.

Die Technik ist da. Allerdings wird die Flächenheizung/-kühlung in manchen Kreisen oft nur als Fußbodenheizung wahrgenommen. Dementsprechend ist es unsere Aufgabe im Fachbereich, die große Anwendungsvielfalt und die technischen Möglichkeiten der Flächenheizung/-kühlung umfassend zu vermitteln. Dazu gehören auch Wand- und Deckenfächern sowie die wassergeführte Doppelfunktion Heizen und Kühlen.

**SBZ:** Womit beschäftigen Sie sich aktuell?  
**Hartmann:** Dass die Flächenheizung/-kühlung als annehmbare Nebenkosten in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) förderfähig wurde, war eine zwar längst überfällige, aber umso erfreulichere

Entwicklung. Dabei geht es nicht nur um die Fördergelder, sondern vielmehr um die Erkenntnisse, dass Wärmezeugung, Wärmeübertragung und eben die Wärmeübergabe zusammengehören und ergo optimal zusammenpassen müssen. Das hat auch dem Informationsbedarf bei den Handwerkern erhöht.

Eine weitere sehr wichtige Entwicklung war es daher, dass wir in den letzten Monaten die Website des Fachbereichs grundlegend erneuert haben. So wurden hier Erkenntnisse und Ergebnisse aus unserer Projektarbeit eingepflegt und FAQs sowie ein Glossar ange-

legt. Bereits nach den ersten Monaten war in der Nutzerevaluierung sehr deutlich zu erkennen, dass gerade die Grundlagen, aber auch unsere Informationsblätter, besonders gut angenommen werden.

Weiterhin war und ist die Überarbeitung der DIN EN 1264 in allen Teilen eine wichtige Aufgabe. Nicht zuletzt, da die Anwendungen für Wand- und Deckenfächern weiter detailliert wurden. Für dieses Anliegen haben wir uns sehr eingesetzt.

**SBZ:** Und was kommt in Zukunft auf uns zu? Welche Trends sehen Sie derzeit?

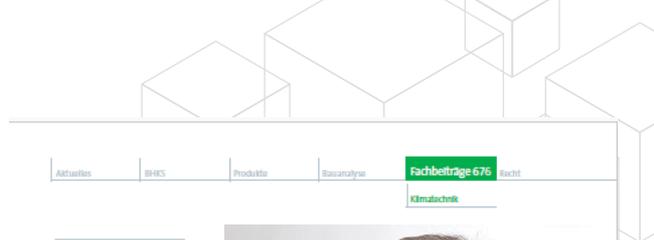
**2** INFO

#### Informationsblatt erleichtert Inbetriebnahme und Wartung

Das technische Informationsblatt Nr. 76 „Dokumentation der Wärmeübergabe – Flächenheizung/-kühlung in Wohngebäuden“ richtet sich an Fachhandwerker sowie Planer und Architekten und zeigt auf, welche Informationen und Kenndaten bei Inbetriebnahme des Wärmeübertragungssystems einschließlich Heizkreis- bzw. Kühlkreisverteiler an den Betreiber zu übergeben sind. Fehlende Dokumentationen erschweren eine spätere Modernisierung bzw. Optimierung der Anlagen in bestehenden Gebäuden nachhaltig. Mit diesem Informationsblatt stellt der BDH-fachbereich Flächenheizung/-kühlung eine Handreichung zur Verfügung, die eine fachliche Dokumentation des Wärmeübertragungssystems ermöglicht. Dies erleichtert nicht nur eine fachgerechte Wartung und Instandhaltung, sondern bei Bedarf auch eine Instandsetzung.

Das Informationsblatt Nr. 76 steht unter [www.flaechenheizung-bdh.de](http://www.flaechenheizung-bdh.de) in der Rubrik Informationsblätter kostenfrei zur Verfügung.

©: Hier bietet das SBZ E-Paper mehr Informationen. Infos zum E-Paper: [www.sbz-online.de/epaper](http://www.sbz-online.de/epaper)



Autor  
Dr.-Ing. Michael Günther  
Upwork Academy



### Thermische Behaglichkeit Wärmepumpen in Kombination mit Flächenheizung und -kühlung

Der Aufsatz widmet sich dem Anliegen, die moderne Wärmepumpentechnik auf der Grundlage der neuen EnEV zu bewerten. Hierbei werden auch die Randbedingungen der anvisierten thermischen Behaglichkeit nach neuen europäischen Normen berücksichtigt. Die Betriebseure der Wärmepumpenanlagen schließt in diesem Zusammenhang auch die Raumkühlung mit ein. Es soll gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

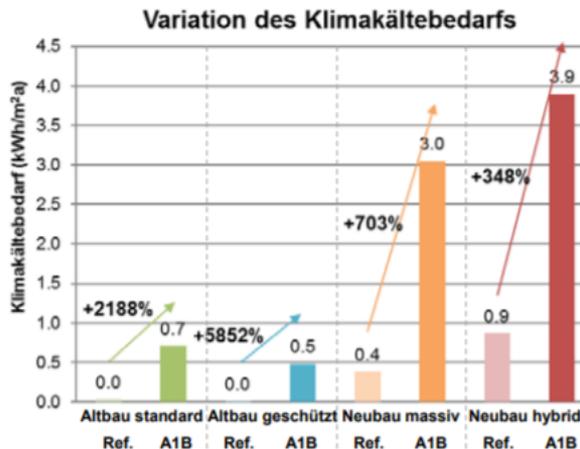
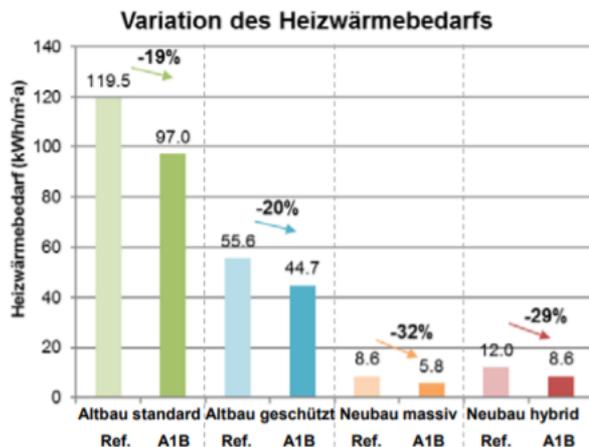
Mit Vehemenz gerät der Klimawandel in den Blickpunkt des allgemeinen Interesses. Mögen realistische Aufzeichnungen dabei überlegen sein: „Nur noch 23 Jahre bis zur Klimazustände...“ – so sind bisherige Praktiken der Lebensweise und des Energieeinsatzes dennoch in Frage zu stellen.

Die europäische Richtlinie EPBD „Gesamtergieblichkeit von Gebäuden“ [1] hat 2002 einen neuen Anstoß gegeben, sowohl die Baukonstruktion als auch die TGA Anlagen im Gesamten energieeffizient und umweltchonend zu planen. Nennenswert liegt die Energieeffizienzverordnung ENEC 2007 [2] mit den Änderungen des Bundesrats vor, deren Vertrag gegenüber früherer Verordnungen sicher in der ganzheitlichen Betrachtung des Baugeschehens liegt: vom Neubau bis zur Renovierung, vom Wohngebäude bis zum Büroturm, von der Raumheizung über die Raumkühlung bis zur Beleuchtung.

Beide Dokumente enthalten Aufforderungen, im weitesten möglichen Umfang als bisher regenerativer Energie zu nutzen. Das schließt die Raumheizung ebenso wie die Trinkwasser- bzw. Brauchwassererwärmung sowie die Klimatisierung bzw. Raumkühlung ein. Es soll im Folgenden gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Zunahme des Klimakältebedarfs (2060; Schweiz)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Energie BFE  
Sektion Energieforschung

Schlussbericht, 29.12.2017

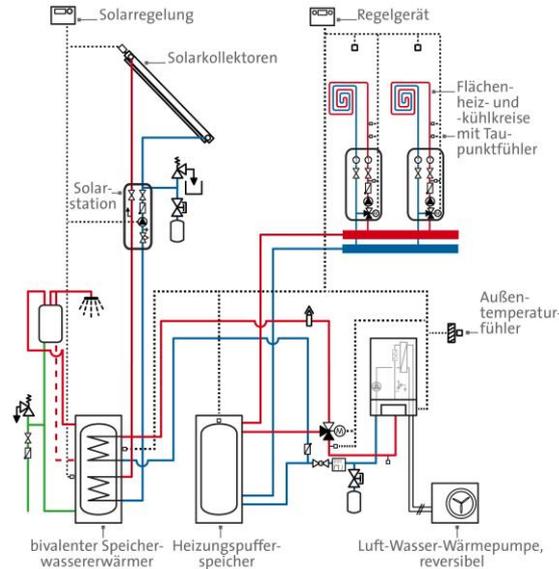
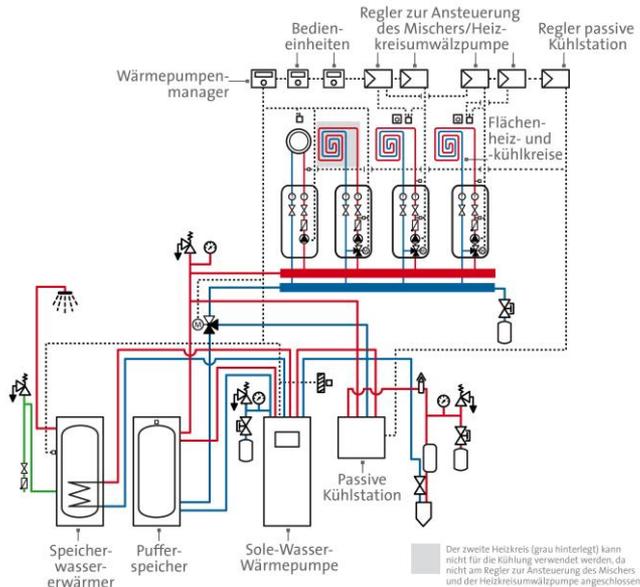
### ClimaBau – Planen angesichts des Klimawandels

Energiebedarf und Behaglichkeit  
heutiger Wohnbauten bis ins Jahr 2100

**Abbildung B** (54 und 55): Jährliche Medianwerte zu Heizwärme- und Klimakältebedarf der vier Fallstudien in der Referenzperiode „1995“ (1980-2009) und der Periode „2060“ (2045-2074) am Standort Basel. Die Prozentzahlen geben die auf den Klimawandel zurückführbare Veränderung an.

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Die passive und aktive Flächenkühlung mit Wärmepumpen



### Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe

• **Einführung**  
 Bei dem Wunsch des Energiebedürfnisses privater Haushalte werden für die Erzeugung von Heizwärme und der Erweichung von Trinkwasser aufgewendet. Ein sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen und die damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Vorteile sind für immer mehr Menschen entscheidende Kriterien für eine Heizungsanlage. Hier helfen sich Wärmepumpen als erste Alternative zu Anlagen mit fossilen Energieträgern an. Einige Wärmepumpen können neben der Gebäudeheizung und Trinkwassererwärmung im Sommer auch für Kühlungszwecke übernommen. Detaillierte Informationen zur Anlagefertigung von Wärmepumpen erhalten Sie im Elternheft zum Beispiel „Wärmepumpen“.

- Wärmequellenanlage (Erdbach, Wasser, Luft oder Abwärme),
- Wärmepumpenanlage und
- Wärmeverteilungsanlage (inklusive Wärmeübergabe).

Im Heizbetrieb wird der Wärmequelle Energie entzogen, die in der Wärmepumpe auf den für die Wärmeübergabe eines Gebäudes notwendigen Temperaturniveau angehoben wird. Anschließend wird diese Wärme an die Wärmeverteilungsanlage, also das Heiz- und/oder Trinkwassererwärmung im Gebäude, übertragen. Im Kühlbetrieb wird dem Gebäude entzogen, was die Wärmeverteilungsanlage über separate Leitungen, mit als Kälteköhlern arbeitend, entzogen und an die Wärmequelle, in diesem Fall Wärmequelle, abgegeben.

Die Wärmeverteilungsanlage umfasst die Wärmeverteilungsanlage in Gebäude sowie die Wärmeübergabe in den zu beheizenden Räumen. Die Wärmeübergabe erfolgt durch Flächenheiz- und/oder Kühlkreisläufe, Heizkörper oder Gebäudeheizung. Über Flächenheizung und -kühlung kann auch eine Raumkühlung erfolgen. Bei den Flächenheizungen handelt es sich nicht um Klimageräte, sondern es handelt sich um eine Anlage und somit eine Absenkung der Raumlufttemperatur um 4 bis 6 K möglich.

3. Technische Grundlagen  
 Ein sparsamer, umweltfreundlicher Energieeinsatz und eine möglichst hohe Energieeffizienz bei der Gebäudeheizung oder -kühlung lassen sich dann erreichen, wenn das Gesamtsystem der Wärmeverteilung und Kühlung passgenau auf die Anforderungen des Gebäudes abgestimmt ist. Hierbei sind die Nutzungsbedingungen, wie z. B. die gewünschte Raumtemperatur, die Heizungsanforderungen sowie die Betriebszeiten im Raum zu berücksichtigen.  
 Für den energieeffizienten Einsatz von Wärmepumpen müssen die strengen Anforderungen fachgerecht geplant und in optimaler Weise in das Gesamtsystem integriert werden. Dabei sind die Betriebsbedingungen im Heizbetrieb, das ein energieoptimierter Betrieb gewährleistet wird. Die wesentlichen Einflussgrößen in puncto Energieeffizienz einer Wärmepumpenanlage sind die Systemparameter und die Umgebungsbedingungen.

Dabei gilt grundsätzlich je niedriger die benötigte maximale Vorlauftemperatur des Heizsystems bzw. im Falle der aktiven Kühlung je höher der minimal benötigte Vorlauftemperatur des Kälteerzeugers, desto effizienter und wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe. Durch die in diesem Fall vorhandene minimale Spreizung der Temperatur zwischen Wärmequelle und Wärmeübergabe wird die Effizienz der Wärmepumpenanlage möglichst verbessert. Die Energieeffizienz des Systems sowie die notwendige elektrische Anschlussleistung hängen sehr stark von diesen Betriebsbedingungen ab.

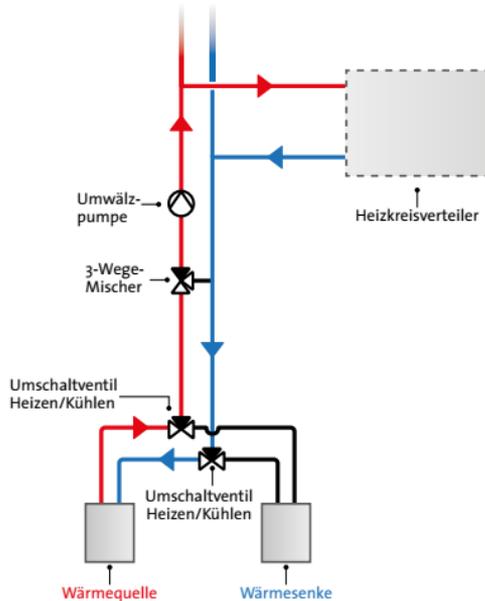
Bundesverband der  
 Deutschen Heizungsindustrie e.V.  
 Hauptstraße 104a 105 106  
 10963 Berlin  
 Tel.: 030 209 35 10-0  
 Fax: 030 209 35 10-21  
 E-Mail: info@bdh-heiz.de  
 Internet: www.bdh-heiz.de

# Exkurs: Grundlagen der Flächenheizung/-kühlung

## Heizen und Kühlen

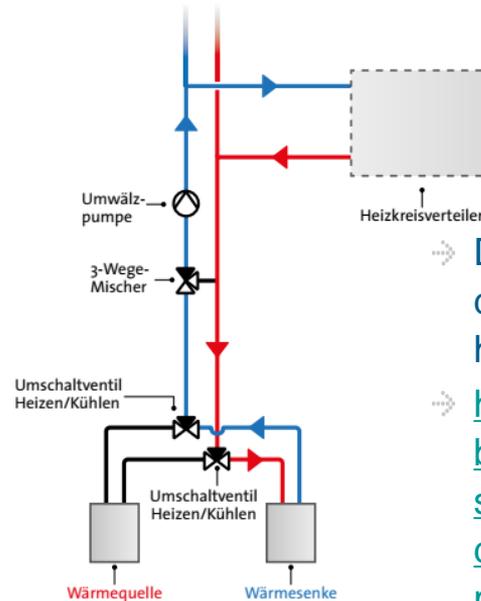
### Heizen

(Übertemperatur zum Raum)



### Kühlen

(Untertemperatur zum Raum)



→ Zwei Funktionen in einem System

→ Heizen im Winter

→ Kühlen im Sommer



→ Das Grundlagenseminar ist auf der Website des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung hier einsehbar:

→ <https://www.flaechenheizung-bdh.de/seminare/online-seminare/archiv/archiv-online-seminar-detail/die-flaechenheizung-in-der-modernisierung-1>

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

Thermische Kennwerte – als Orientierung zur Auslegung

	Oberflächentemperatur $\vartheta_f$ am Bauteil in °C		Wärmeübergangskoeffizient $\alpha$ am Bauteil in W/(m <sup>2</sup> ·K)		Maximale spezifische Leistung $q_H$ in W/m <sup>2</sup>	
	maximal beim Heizen	maximal beim Kühlen	Heizung	Kühlung	Heizung bei $\vartheta_i$ 20 °C	Kühlung bei $\vartheta_i$ 26 °C
<b>Boden</b>	29	19	10,8	6,5	ca. 100	ca. 45
<b>Wand</b>	40	18	8	8	ca. 160	ca. 65
<b>Decke</b>	29	18	6,5	10,8	ca. 60	ca. 85

Werte in Anlehnung an DIN EN 1264 und DIN ISO 7730

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

Thermische Behaglichkeit und Energieeffizienz

## → Herstellen einer Untertemperatur zum Raum

- Die Vorlauftemperatur ist geringer als die Rücklauftemperatur.
- Die Wärmeverteilung führt Kühllaste mit einer maximalen Vorlauftemperatur von ca. 18° C an den Heiz-/Kühlkreisverteiler im Raum.

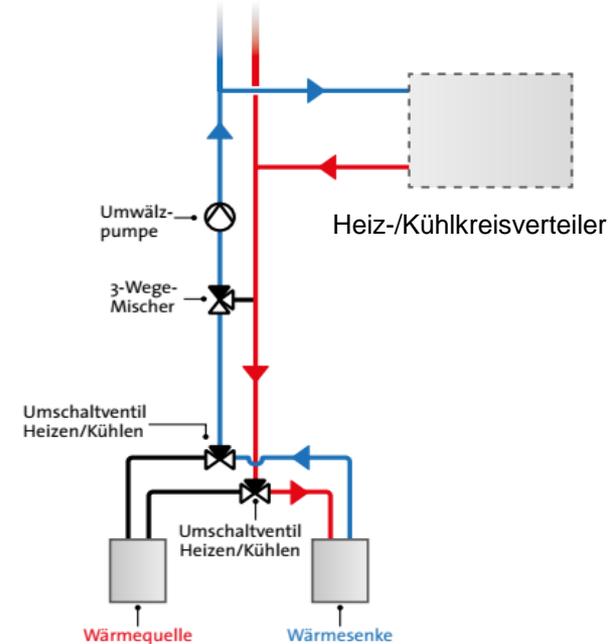
## → **Sicherheitstechnische Einrichtung: Taupunktwärter!**

## → Leistungsunterschiede im Kühlbetrieb

- Die Kühlleistungen der Flächenkühlung unterscheiden sich entsprechend der Auslegung nach **Ankühlung** und **Vollkühlung**.

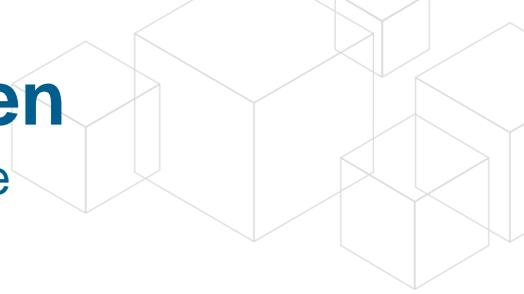
Kühlen

(Untertemperatur zum Raum)



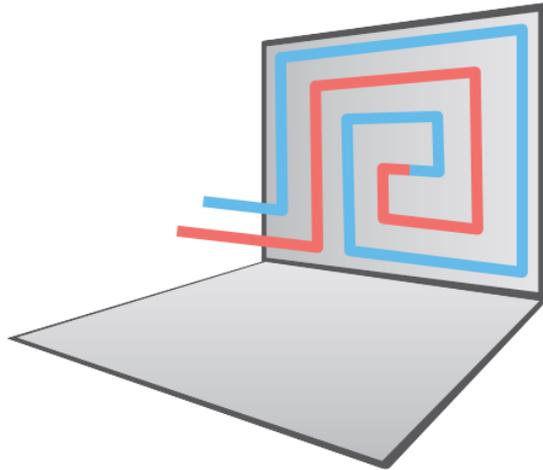
# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

Differenzierung der Flächenkühlung in zwei Leistungsbereiche



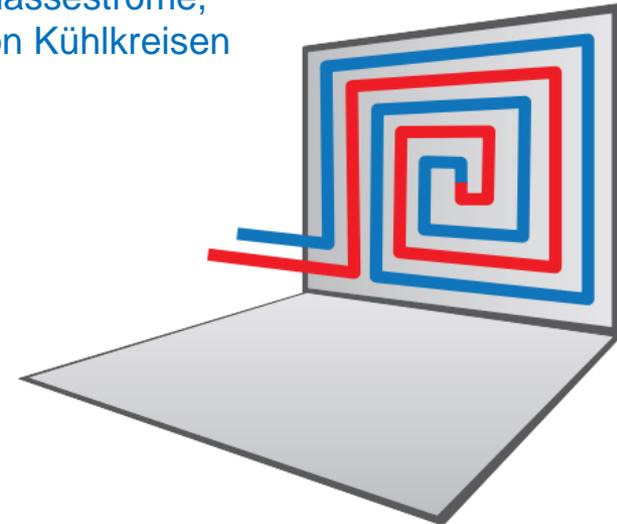
## → Ankühlung

- Auslegung mit den Wassermasseströmen aus Heizlast DIN EN 12831.



## → Vollkühlung

- Auslegung nach Kühllast VDI 2078
- Höhere Wassermasseströme, höhere Anzahl von Kühlkreisen

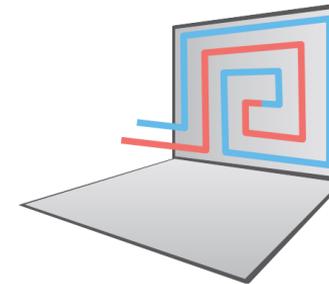


# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

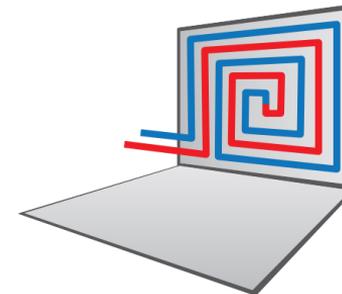
Leistungsvergleich: Ankühlung vs. Vollkühlung am Beispiel eines Neubau EFH (KfW 55)

Beispielhafter Vergleich der Ankühlleistungen an Boden, Wand und Decke in Nassbauweise (Raumliste BDH-Beispielhaus EFH-Neubau)								
Erdgeschoss								
Ankühlleistung in W (nach Heizlast)								
Raumbezeichnung	Fläche in m <sup>2</sup>	θ in °C (Heizen)	Heizlast nach DIN EN 12831 in W	Boden	Wand	Decke	θ in °C (Kühlen nach DIN EN 15251)	Kühllast nach VDI 2078 in W
Flur	6,32	18	238	63	168	152	25	0
Windfang / Garderobe	9,05	18	392	172	278	248	25	206
Gästetoilette	2,39	18	108	45	101	59	25	91
Hauswirtschaftsraum	7,24	18	381	148	177	218	25	146
Wohnzimmer / Essbereich	30,90	20	1.132	522	601	778	25	1.288
Küche	13,80	20	507	246	325	348	25	658
Speiseraum	3,92			ohne Anforderung				
<b>Summen Erdgeschoss</b>	<b>73,62</b>		<b>2.758</b>	<b>1.196</b>	<b>1.650</b>	<b>1.803</b>		<b>2.388</b>
Anteil an Kühllast (EG) in %				50	69	76		
Obergeschoss								
Ankühlleistung in W (nach Heizlast)								
Raumbezeichnung	Fläche in m <sup>2</sup>	θ in °C (Heizen)	Heizlast nach DIN EN 12831 in W	Boden	Wand	Decke	θ in °C (Kühlen nach DIN EN 15251)	Kühllast nach VDI 2078 in W
Flur / Diele	16,46	18	691	271	399	495	25	123
Badezimmer	10,11	24	418	185	326	420	25	276
Schlaf- und Ruheraum	15,69	20	558	270	477	598	25	407
Kinderzimmer 1	15,12	20	537	247	477	381	25	494
Kinderzimmer 2	15,12	20	537	246	477	370	25	483
<b>Summen Obergeschoss</b>	<b>72,50</b>		<b>2.741</b>	<b>1.219</b>	<b>2.155</b>	<b>2.264</b>		<b>1.783</b>
Anteil an Kühllast (OG) in %				68	121	127		
<b>Gesamt-Summen</b>				<b>2.415</b>	<b>3.805</b>	<b>4.067</b>		<b>4.171</b>
Anteil der Ankühlleistung an der Kühllast (Vollkühlung) in %				58	91	98		

Quelle: BDH Fachbereich Flächenheizung/-kühlung



→ Die Ankühlleistung entspricht an der Decke zu 76 % der Kühllast im EG und 98 % im OG!



# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Anforderungsprofil – was wird gewünscht?



### Einbau einer Flächenheizung/-kühlung

#### Objektdaten:

Grundlagenermittlung zum Objekt und Bauvorhaben; - Plansätze der Genehmigungsplanung bei Neubauten, Pläne, Fotos, Skizzen, Baubeschreibungen, Bestandsunterlagen, Energieausweis, usw.

ggf. Ermittlung von Planungsgrundlagen von Bestandsgebäuden (Nachplanung) mit entsprechenden objektspezifisch zu ermittelnden Grundlagen

⇒ *Allgemeine und systemspezifische Anforderungen beraten und festlegen*

#### Heizlastberechnung

Detaillierte (raumweise) Berechnung der Heizlast (DIN EN 12831) mit allen relevanten, hydraulischen Kennwerten ab Heiz-/Kühlkreisverteiler

#### Kühllastberechnung

Detaillierte (raumweise) Berechnung der Kühllast (VDI 2078) mit allen relevanten, hydraulischen Kennwerten ab Heiz-/Kühlkreisverteiler

#### Raumlisten

Erstellung von Raumlisten aus den Berechnungen mit den relevanten hydraulischen und regelungstechnischen Angaben, Darstellung und Zuordnung der Heiz-/Kühlkreise als Übersicht der Grundlagenermittlung zur Systemauswahl

#### Systemauswahl

Festlegung der Bauarten/Bauweisen, Auslegung und Regelung, Ausstattung des Heiz-/Kühlkreisverteilers, ggf. besondere Anforderungen

#### Ausführung

Bauzeitenplanung, gewerkliche Schnittstellenkoordination, Baubeschreibung, Verlegepläne und Ausführungshinweise, Raumliste zur Dokumentation der tatsächlichen Montage der Heiz-/Kühlkreise, Nachweisführungen (Dichtheitsprüfung, Heizwasserqualität, hydraulischer Abgleich, Fachunternehmererklärungen, usw.), inkl. Vorbereitung zur Inbetriebnahme

#### Inbetriebnahme

Dokumentation des Funktionsheizens, ggf. Belegreifheizens, Regelungsstrategie und Anpassung der Heizkennlinie – Betreiberweisung und Übergabe der Dokumentation (BDH-Informationsblatt 76 – Dokumentation der Wärmeübergabe Flächenheizung/-kühlung)

- ⇒ Nutzeranforderungen und Bestimmung der Auslegungsgrundlagen – (z.B. *Ankühlung oder Vollkühlung*)
- ⇒ Festlegen der Planungsgrundlagen
- ⇒ *Hinweis auf Merkblatt „Festlegung der Planungsgrundlagen“ – wird gerade erstellt*



# Im Dialog (2)

➔ Zwischenfazit zu thermischer Behaglichkeit und Energieeffizienz

➔ Unterschiede der Kühlleistungen: Ankühlung/Vollkühlung

➔ Festlegung der Planungsgrundlagen (Nutzerbedürfnisse und Anforderungsprofil – Dokumentation, usw.)



## INTERVIEW

Frank Hartmann ist Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH, 51145 Köln, frank.hartmann@bdh-koeln.de, www.flaechenheizung-bdh.de

## Im System denken

**Trends und Entwicklungen bei der Flächenheizung/-kühlung** Die alte Sichtweise der reinen Fußbodenheizung ist längst überholt. Auch an Wand und Decke ist die Flächenheizung mittlerweile zu einem wichtigen Baustein der Wärmewende geworden. Gleichzeitig gewinnt die Flächenkühlung zunehmend an Bedeutung. Im Interview mit der SBZ erläutert Frank Hartmann, dass für diese Trends und Entwicklungen einiges an neuem Knowhow benötigt wird. Dafür bietet der Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie (BDH) dem SHK-Handwerk umfassende Unterstützung.

**SBZ:** Herr Hartmann, Sie sind seit sieben Jahren als Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen?

**Frank Hartmann:** Unsere Mitgliedsunternehmen bilden ausgefeilte Systeme der Flächenheizung/-kühlung für alle Anwendungen an Boden, Wand und Decke in Nass- und Trockenbauweise an. Dazu kommt eine Vielzahl von Modernisierungssystemen, die insbesondere für die Erneuerung der Wärmeübergabe im Bestand entwickelt wurden und stetig weiterentwickelt werden. Auch neue Montageinnovationen, wie z. B. das Klartsystem schreiten in ihrer Akzeptanz voran.

Die Technik ist da. Allerdings wird die Flächenheizung/-kühlung in manchen Kreisen oft nur als Fußbodenheizung wahrgenommen. Dementsprechend ist es unsere Aufgabe im Fachbereich, die große Anwendungsvielfalt und die technischen Möglichkeiten der Flächenheizung/-kühlung umfassend zu vermitteln. Dazu gehören auch Wand- und Deckenflächen sowie die wassergeführte Doppelfunktion Heizen und Kühlen.

**SBZ:** Womit beschäftigen Sie sich aktuell?  
**Hartmann:** Dass die Flächenheizung/-kühlung als anrechenbare Nebenkosten in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) förderfähig wurde, war eine zwar längst überfällige, aber umso erfreulichere

Entwicklung. Dabei geht es nicht nur um die Fördergeber, sondern vielmehr um die Erbringung und eben die Wärmeübergabe zusammengehören und ergo optimal zusammenspielen müssen. Das hat auch den Informationsbedarf bei den Handwerkern erhöht.

Eine weitere sehr wichtige Entwicklung war es daher, dass wir in den letzten Monaten die Website des Fachbereichs grundlegend erneuert haben. So wurden hier Erkenntnisse und Ergebnisse aus unserer Projektarbeit eingepflegt und FAQs sowie ein Glossar ange-

legt. Bereits nach den ersten Monaten war in der Nutzeranalyse sehr deutlich zu erkennen, dass gerade die Grundlagen, aber auch unsere Informationsblätter, besonders gut angenommen werden.

Weiterhin war und ist die Überarbeitung der DIN EN 1264 in allen Teilen eine wichtige Aufgabe. Nicht zuletzt, da die Anwendungen für Wand- und Deckenflächen weiter detailliert wurden. Für dieses Anliegen haben wir uns sehr eingesetzt.

**SBZ:** Und was kommt in Zukunft auf uns zu? Welche Trends sehen Sie derzeit?

## INFO

### Informationsblatt erleichtert Inbetriebnahme und Wartung

Das technische Informationsblatt Nr. 76 „Dokumentation der Wärmeübergabe – Flächenheizung/-kühlung in Wohngebäuden“ richtet sich an Fachhandwerker sowie Planer und Architekten und zeigt auf, welche Informationen und Kenndaten bei Inbetriebnahme des Wärmeübergabesystems einschließlich Heizkreis- bzw. Kühlkreisverteiler an den Betreiber zu übergeben sind.

Fehlende Dokumentationen erschweren eine spätere Modernisierung bzw. Optimierung der Anlagen in bestehenden Gebäuden nachhaltig. Mit diesem Informationsblatt stellt der BDH-Fachbereich Flächenheizung/-kühlung eine Handreichung zur Verfügung, die eine fachliche Dokumentation des Wärmeübergabesystems ermöglicht. Dies erleichtert nicht nur eine fachgerechte Wartung und Instandhaltung, sondern bei Bedarf auch eine Instandsetzung.

Das Informationsblatt Nr. 76 steht unter <http://www.flaechenheizung-bdh.de> in der Rubrik Informationsblätter kostenfrei zur Verfügung.

☛ Hier bietet das SBZ E-Paper mehr Informationen. Infos zum E-Paper: [www.sbz-online.de/epaper](http://www.sbz-online.de/epaper)

SBZ 10/21

**Autor**  
Dr.-Ing. Michael Günther  
Lipiner Academy



## Thermische Behaglichkeit Wärmepumpen in Kombination mit Flächenheizung und -kühlung

Der Aufsatz widmet sich dem Anliegen, die moderne Wärmepumpentechnik auf der Grundlage der neuen EN15207 zu bewerten. Hierbei werden auch die Randbedingungen der anvisierten thermischen Behaglichkeit nach neuen europäischen Normen berücksichtigt. Die Betriebsweise der Wärmepumpenanlagen schließt in diesem Zusammenhang auch die Raumkühlung mit ein. Es wird gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

Mit Wehrmann gerät der Klimawandel in den Blickpunkt des allgemeinen Interesses. Wägen realistische Aufmachungen dabei überzogen sein („Nur noch 13 Jahre bis zur Klimakatastrophe...“), so sind blöhmige Praktiken der Lebensweise und des Energieeinsatzes dennoch in Frage zu stellen.

Die europäische Richtlinie EPBD „Gesamteffizienz von Gebäuden“ [1] hat 2002 einen neuen Anstoß gegeben, sowohl die Baukonstruktion als auch die TGA Anlagen im Gesamten energieparend und umweltschonend zu planen. Nennmehr liegt die Energieeffizienzverordnung EN15207 [2] mit den Änderungen des Bundesrates vor, deren Vortrag gegenüber höherer Verordnungen sicher in der ganzheitlichen Betrachtung des Baugeschehens liegt, vom Neubau bis zur Renovierung, vom Wohngebäude bis zum Büroort, von der Raumheizung über die Raumkühlung bis zur Beleuchtung.

Beide Dokumente enthalten Anforderungen, im weitesten größeren Umfang als bisher regeneratives Energie zu nutzen. Das schließt die Raumheizung ebenso wie die Trinkwasser- bzw. Brauchwasserwärmung sowie die Klimatisierung bzw. Raumkühlung ein.

Es soll im Folgenden gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

Die Fußbodenheizung hat dabei in der Schweiz einen Marktanteil von 95 % im Neubau und immerhin von 55 % in der Renovierung [3] erlangt. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung auch in Deutschland vollziehen wird.

Nicht selten weisen jedoch regenerative Energiesysteme den Mangel der Umweltschichtlichkeit auf. Das gilt auch für Wärmepumpenanlagen, deren Amortisation sehr unterschiedlich bewertet wird. In einem Folgebeitrag werden Wärmepumpenanlagen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen, wobei die Wahl der Randbedingungen wie z. B. Baukonstruktion und Wärmedämmung, kombinierter Heiz- und Kühlbetrieb das Ergebnis entscheidend beeinflusst.

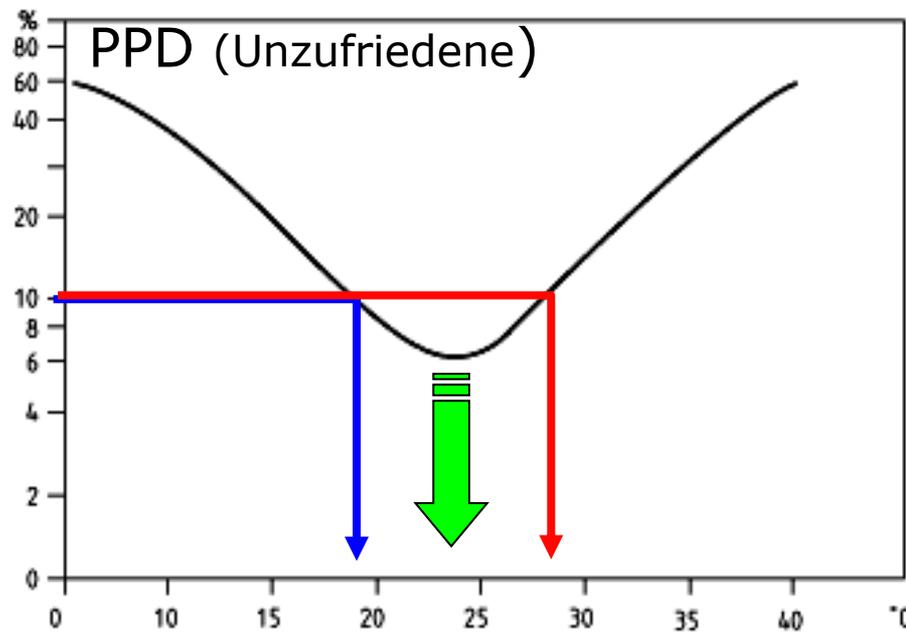
### Die EN15207 – eine Chance für Wärmepumpen?

Der Entwurf der Verordnung über energieparende Wärmeschutz und energieparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeffizienzverordnung - EN15207) hat Bundesrat und Kabinett passiert [2]. Es ist davon auszugehen, dass die neue EN15207 mit Wirkung des 1. Januar 2008 Rechtskraft erlangen wird.

In der EPBD wird explizit darauf hingewiesen, dass die Einsatzmöglichkeiten alternativer Energietechnik bei Gebäuden (Energieeffizienzverordnung - EN15207) hat Bundesrat und Kabinett passiert [2]. Es ist davon auszugehen, dass die neue EN15207 mit Wirkung des 1. Januar 2008 Rechtskraft erlangen wird.

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Thermische Behaglichkeit (1)



Fußbodenkühlung Fußbodenheizung

Personen mit Schuhen, 50% stehend, 50% sitzend

PL4 F5A Sommer: Quelllüftung und Fußbodenkühlung  
Zugluftrisiko DR %,

10 Uhr 16 Uhr

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie [www.ibo.at](http://www.ibo.at)

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

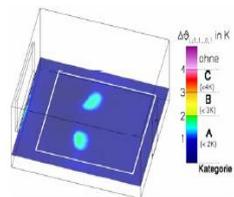
## Thermische Behaglichkeit (2)

Ergebnisse - Kühlbetrieb

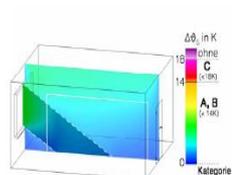


### Vergleich von Kühldecke und Kühlfußboden

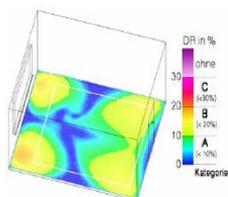
Vertikale  
Lufttemperaturdifferenz



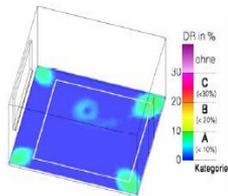
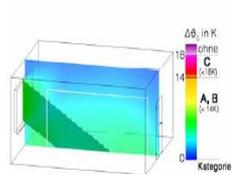
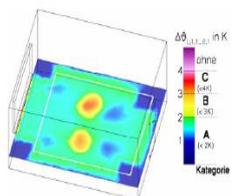
Maximale  
Strahlungsasymmetrie



Zugluftrisiko



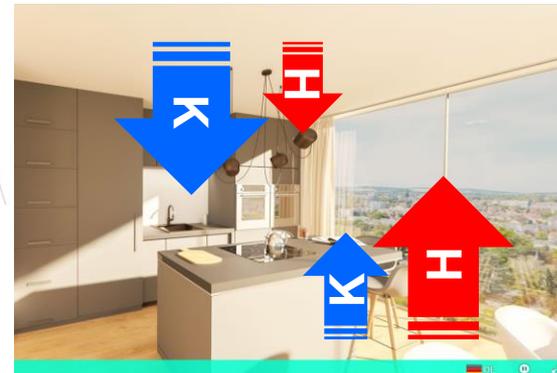
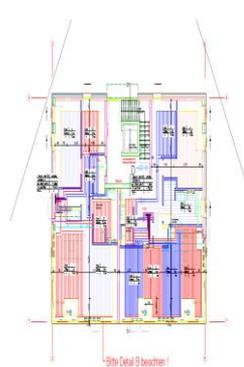
Strahlungs - Kühldecke mit 100 % Deckenbelegung



Kühlfußboden

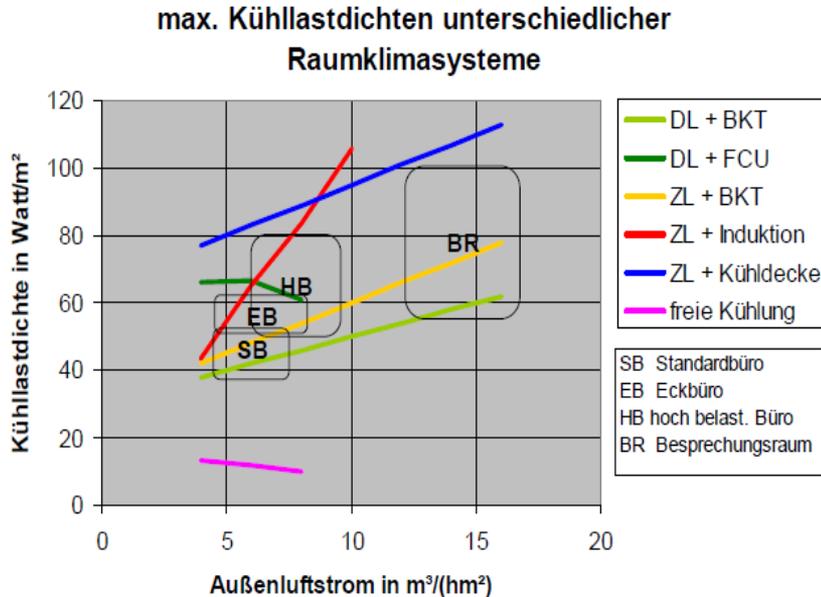
(Außenjalousie; mittelschwere Bauweise; 30% Fensterflächenanteil)

23. APRIL 2009/20



# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Kühllastdichte



Nichtwohngebäude

## GEG

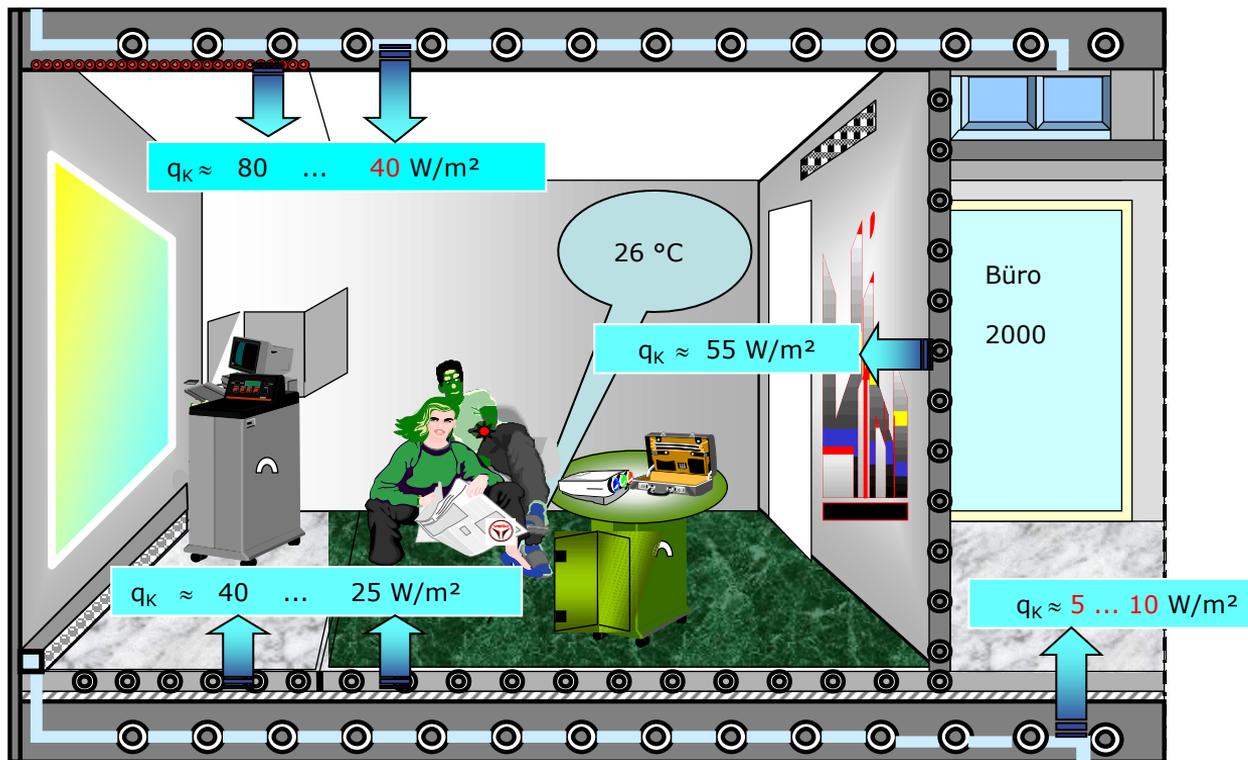
### Wärmeschutz von Wohngebäuden

- Die Wärmeschutzanforderungen wurden bislang durch zwei parallel geltende Größen geregelt: a) durch einen individuell über das Referenzgebäude zu bestimmenden Transmissionswärmeverlust und b) durch einen gebäudetypologisch abgeleiteten Transmissionswärmeverlust (definiert in Anlage 1, Tabelle 2 EnEV).
- Letzterer entfällt letzteres für zu errichtende Wohngebäude künftig als Nachweisgröße. Somit ist nur noch der aus dem Referenzgebäude abgeleitete Transmissionswärmeverlust nachzuweisen.

Wohngebäude

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Kühlleistungsdichte



Raumtemperatur-  
absenkung

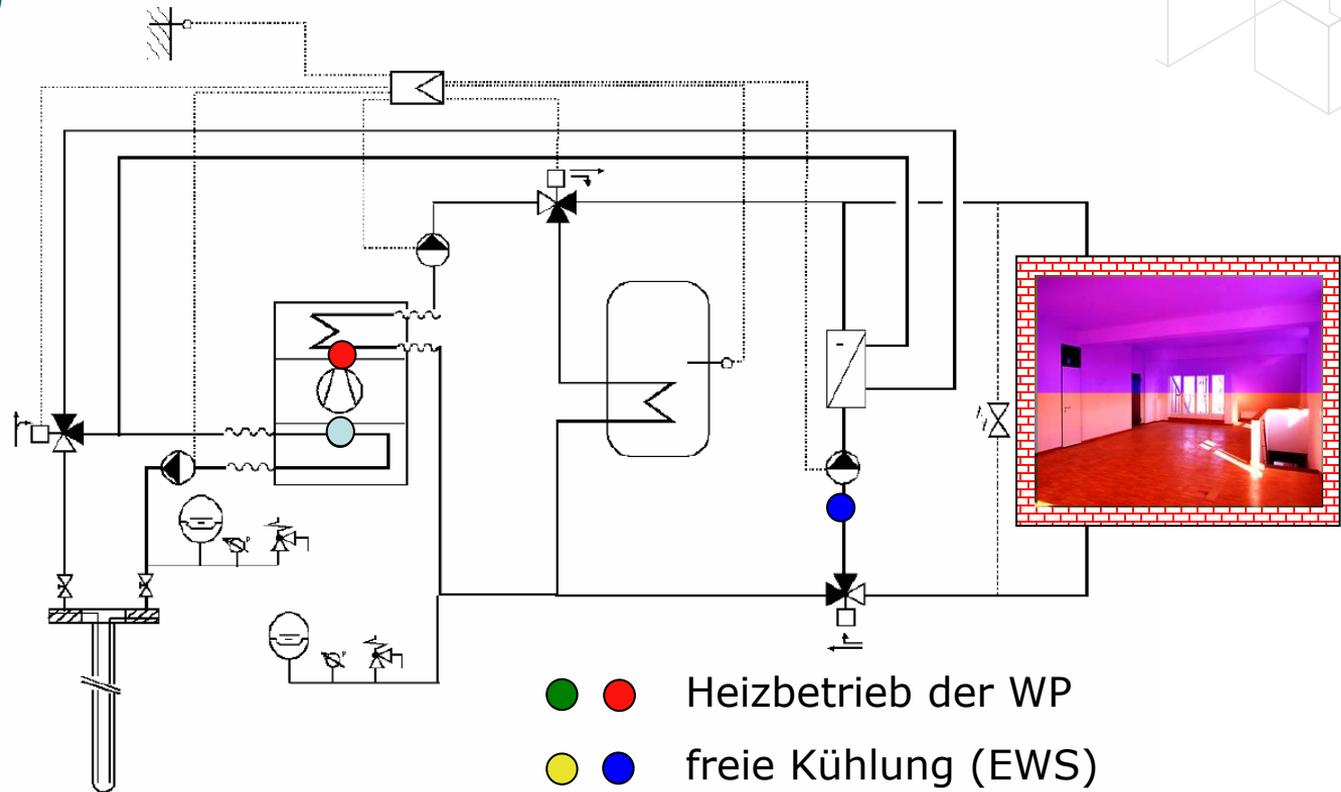
1 K

mit ca.

8 W/m<sup>2</sup>

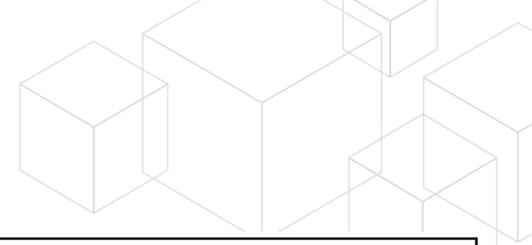
# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Energieeffizienz (1)



# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Energieeffizienz (2)





ENERGIE  
CAMPUS  
NÜRNBERG



TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG  
GEORG SIMON OHM



**Verbundvorhaben  
Herzo Opt**

Monitoring der Gebäudehülle, des  
thermischen Raumkomforts und der  
Anlagentechnik mit Betriebsoptimierung

Christina Betzold, Arno Dentel





Logo of Institut für Gebäudetechnik und Energieeffizienz  
FK 03ET1641A

- 8 Vergleichswohnungen
- Passive Kühlung über Erdsonden
- Fußbodenheizung/-kühlung
- Deckenheizung/-kühlung



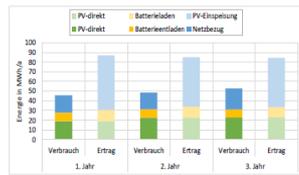
ENERGIE  
CAMPUS  
NÜRNBERG



TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG  
GEORG SIMON OHM

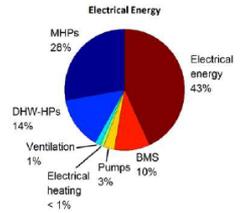
### Monitoring

#### Anteile an Verbrauch und Ertrag



Ertrag in kWh/m²/a

#### Anteile am elektrischen Verbrauch



Electrical Energy

**Ergebnisse:**

- El. Haushaltsstrom: ~ 20 kWh/m²a
- Gesamtverbrauch: ~ 41 kWh/m²a
- PV Ertrag: ~ 71 kWh/m²a

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm  
www.th-nuernberg.de

Seite 9

- Kühllälteverbrauch ca. 10 kWh/(m².a), d.h. ca. 20 W/m² Kühleistungsdichte
- 1 K Temperaturabsenkung bei 8 W/m²
- Deckenkühlung mit einigen Vorteilen

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Bestandsanlagen (Umbau-Voraussetzungen)



- Kälteerzeugung vorsehen (rev. WP / pass.K.)
- Rohrabstand prüfen (bevorzugt 10 bis 20 cm)
- Alte Stellantriebe austauschen (↕ statt ↓)
- Taupunktkontrolle wahrnehmen
- Hydraulik anpassen (Abgleich)
- Wärmedämmung der Anschlussrohrleitungen
- Keine Fußbodenkühlung im Bad („barfuß“)

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Die Bauarten der Flächenkühlung für Wohngebäude

The screenshot shows the website header with the BDH logo (Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie) and navigation menus for System, Betrieb, Bauarten, Modernisierung, Seminare, Publikationen, and Service. The 'Bauarten' menu is expanded to show sub-items: Bauarten und Bauweisen, Nassbauweise, Trockenbauweise, Planungshinweise, and Montageabläufe. The main content area features the text 'BAUART UND BAUWEISEN DER FLÄCHENHEIZUNG/-KÜHLUNG' over a background image of a radiator and a wall-mounted unit.

Deckenheizung	Wandheizung	Fußbodenheizung	Dünnschichtsysteme
---------------	-------------	-----------------	--------------------

**Die Bauarten der Flächenheizung/-kühlung bezeichnen die Art und Weise der Integration in die raumumschließenden Flächen als Wärmeverteiltschicht an Boden, Wand und Decke und deren Herstellung. Die Bauweisen unterscheiden sich im Wesentlichen in Nassbauweise und Trockenbauweise.**

Die verschiedenen Bauarten der Flächenheizung/-kühlung unterscheiden sich im Wesentlichen durch ihre Positionierung. Während Systeme für den Fußboden in der Regel eigenstabil verlegt werden, müssen Systeme an Wänden und Decken mit einer fachgerechten Befestigung der Systemrohre ausgestattet sein. Dementsprechend ähneln sich insbesondere die Systeme für Wand und Decke am Bauteil Wand/Decke. Noch vielfältiger sind die Systeme der Flächenheizung/-kühlung für den Boden.

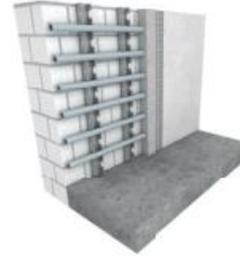
<https://www.flaechenheizung-bdh.de/bauarten/bauarten-und-bauweisen-der-flaechenheizung-und-flaechenkuehlung-uebersicht>

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

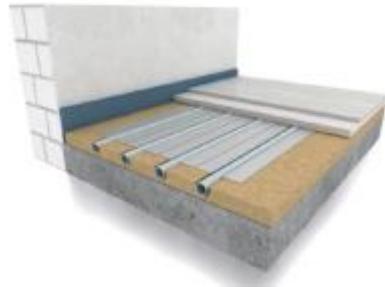
## Die Bauarten der Flächenkühlung für Wohngebäude



### Nassbau

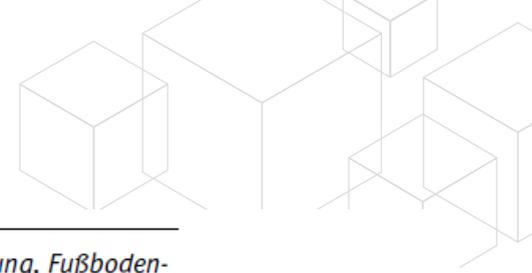


### Trockenbau



# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Exkurs: Thermisch aktivierte Bauteilsysteme (TABS)

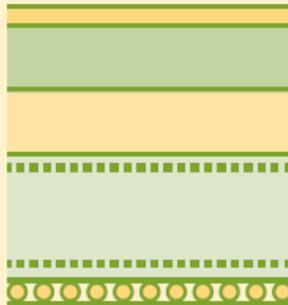


**Abb. 3** Thermoaktive Bauteilsysteme (TABS): Kapillarrohrsysteme, Betonkerntemperierung, Fußboden-temperierung und Zweiflächen-Bauteiltemperierung. Aus der Vielzahl der unterschiedlichen TABS wird in diesem Themeninfo die wassergeführte Betonkerntemperierung (BKT) herausgestellt.

### Thermoaktive Bauteilsysteme (TABS)

#### Kapillarrohrsystem

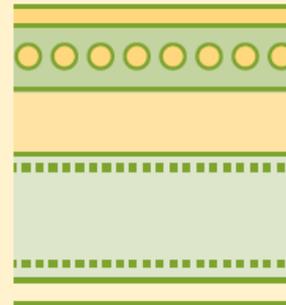
Fußbodenbelag  
Estrich  
Dämmung  
Bewehrung  
Decke  
Deckenputz



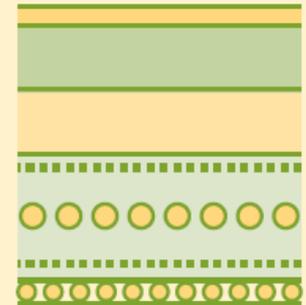
#### Betonkern-temperierung



#### Fußboden-temperierung



#### Zwei-Flächen Bauteiltemperierung



# Im Dialog (3)

➔ Zwischenfazit zu den Bauarten und Systemen

➔ Welche Unterschiede sind festzustellen?

➔ Besondere Anforderungen bei der Flächenkühlung



## INTERVIEW

Frank Hartmann ist Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH, 51145 Köln, frank.hartmann@bdh-koeln.de, www.flaechenheizung-bdh.de

## Im System denken

**Trends und Entwicklungen bei der Flächenheizung/-kühlung** • Die alte Sichtweise der reinen Fußbodenheizung ist längst überholt. Auch an Wand und Decke ist die Flächenheizung mittlerweile zu einem wichtigen Baustein der Wärmewende geworden. Gleichzeitig gewinnt die Flächenkühlung zunehmend an Bedeutung. Im Interview mit der SBZ erläutert Frank Hartmann, dass für diese Trends und Entwicklungen einiges an neuem Knowhow benötigt wird. Dafür bietet der Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie (BDH) dem SHK-Handwerk umfassende Unterstützung.

**SBZ:** Herr Hartmann, Sie sind seit sieben Jahren als Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen?

**Frank Hartmann:** Unsere Mitgliedsunternehmen bieten ausgeglichene Systeme der Flächenheizung/-kühlung für alle Anwendungen an Boden, Wand und Decke in Nass- und Trockenbauweise an. Dazu kommt eine Vielzahl von Modernisierungssystemen, die insbesondere für die Erneuerung der Wärmeübergabe im Bestand entwickelt wurden und stetig weiterentwickelt werden. Auch neue Montageinnovationen, wie z. B. das Klettsystem schreiten in ihrer Akzeptanz voran.

Die Technik ist also allerdings wird die Flächenheizung/-kühlung in manchen Kreisen oft nur als Fußbodenheizung wahrgenommen. Dementsprechend ist es unsere Aufgabe im Fachbereich, die große Anwendungsvielfalt und die technischen Möglichkeiten der Flächenheizung/-kühlung umfassend zu vermitteln. Dazu gehören auch Wand- und Deckenfächern sowie die wassergeführte Doppelfunktion Heizen und Kühlen.

**SBZ:** Womit beschäftigen Sie sich aktuell?

**Hartmann:** Dass die Flächenheizung/-kühlung als anrechenbare Nebenkosten in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) förderfähig wurde, war eine zwar längst überfällige, aber umso erfreulichere

Entwicklung. Dabei geht es nicht nur um die Fördergelder, sondern vielmehr um die Erkenntnis, dass Wärmeerzeugung, Wärmebereitstellung und eben die Wärmeübergabe zusammengehören und ergo optimal zu zusammenspielen müssen. Das hat auch den Informationsbedarf bei den Handwerkern erhöht.

Eine weitere sehr wichtige Entwicklung war es daher, dass wir in den letzten Monaten die Website des Fachbereichs grundlegend erneuert haben. So wurden hier Erkenntnisse und Ergebnisse aus unserer Projektarbeit einfließen und FAQs sowie ein Glossar ange-

legt. Bereits nach den ersten Monaten war in der Nutzeranalyse sehr deutlich zu erkennen, dass gerade die Grundlagen, aber auch unsere Informationsblätter, besonders gut angenommen werden.

Weiterhin war und ist die Überarbeitung der DIN EN 1266 in allen Teilen eine wichtige Aufgabe. Nicht zuletzt, da die Anwendungen für Wand- und Deckenfächern weiter detailliert wurden. Für dieses Anliegen haben wir uns sehr eingesetzt.

**SBZ:** Und was kommt in Zukunft auf uns zu? Welche Trends sehen Sie derzeit?

## INFO

### Informationsblatt erleichtert Inbetriebnahme und Wartung

Das technische Informationsblatt Nr. 76 „Dokumentation der Wärmeübergabe – Flächenheizung/-kühlung in Wohngebäuden“ richtet sich an Fachhandwerker sowie Planer und Architekten und zeigt auf, welche Informationen und Kenndaten bei Inbetriebnahme des Wärmeübergabesystems einschließlich Heizkreis- bzw. Kühlkreisverteiler an den Betreiber zu übergeben sind.

Fehlende Dokumentationen erschweren eine spätere Modernisierung bzw. Optimierung der Anlagen in bestehenden Gebäuden nachhaltig. Mit diesem Informationsblatt stellt der BDH-Fachbereich Flächenheizung/-kühlung eine Handreichung zur Verfügung, die eine fachliche Dokumentation des Wärmeübergabesystems ermöglicht. Dies erleichtert nicht nur eine fachgerechte Wartung und Instandhaltung, sondern bei Bedarf auch eine Instandsetzung.

Das Informationsblatt Nr. 76 steht unter [www.flaechenheizung-bdh.de](http://www.flaechenheizung-bdh.de) in der Rubrik Informationsblätter kostenfrei zur Verfügung.

• Hier bietet das SBZ E-Paper mehr Informationen. Infos zum E-Paper: [www.sbz-online.de/epaper](http://www.sbz-online.de/epaper)

SBZ 10/21

**Autor**  
Dr.-Ing. Michael Günther  
Lipson Academy



## Thermische Behaglichkeit Wärmepumpen in Kombination mit Flächenheizung und -kühlung

Der Aufsatz widmet sich dem Anliegen, die moderne Wärmepumpentechnik auf der Grundlage der neuen EnEV zu bewerten. Hierbei werden auch die Randbedingungen der anvisierten thermischen Behaglichkeit nach neuen europäischen Normen berücksichtigt. Die Betriebsweise der Wärmepumpenanlagen schließt in diesem Zusammenhang auch die Raumkühlung mit ein. Es soll gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

Mit Wehrmann gerät der Klimawandel in den Blickpunkt des allgemeinen Interesses. Wägen realistische Aufmachungen dabei überzogen sein („Nur noch 13 Jahre bis zur Klimakatastrophe...“), so sind blöhmige Praktiken der Lebensweise und des Energieeinsatzes dennoch in Frage zu stellen.

Die europäische Richtlinie EPBD „Gesamteffizienz von Gebäuden“ [1] hat 2002 einen neuen Anstoß gegeben, sowohl die Baukonstruktion als auch die TGA Anlagen im Gesamten energiesparend und umweltschonend zu planen. Nennwert liegt die Energieeffizienzverordnung EnEV 2007 [2] mit den Änderungen des Bundesrates vor, deren Vortrag gegenüber höherer Verordnungen sicher in der ganzheitlichen Betrachtung des Baugeschehens liegt, vom Neubau bis zur Renovierung, vom Wohngebäude bis zum Büroort, von der Raumheizung über die Raumkühlung bis zur Beleuchtung.

Beide Dokumente enthalten Aufforderungen, im weitest größten Umfang als bisher regeneratives Energien zu nutzen. Das schließt die Raumheizung ebenso wie die Trinkwasser- bzw. Brauchwassererwärmung sowie die Klimatisierung bzw. Raumkühlung ein.

Es soll im Folgenden gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

Die Fußbodenheizung hat dabei in der Schweiz einen Marktanteil von 95 % im Neubau und immerhin von 55 % in der Renovierung [3] erlangt. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung auch in Deutschland vollziehen wird.

Nicht selten weisen jedoch regenerative Energiesysteme den Mangel der Umweltschichtlichkeit auf. Das gilt auch für Wärmepumpenanlagen, deren Amortisation sehr unterschiedlich bewertet wird. In einem Folgebeitrag werden Wärmepumpenanlagen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen, wobei die Wahl der Randbedingungen wie z. B. Baukonstruktion und Wärmedämmung, kombinierter Heiz- und Kühlbetrieb das Ergebnis entscheidend beeinflusst.

**Die EnEV 2007 – eine Chance für Wärmepumpen?**

Der Entwurf der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeffizienzverordnung - EnEV) hat Bundesrat und Kabinett passiert [2]. Es ist davon auszugehen, dass die neue EnEV mit Wirkung des 1. Januar 2008 Rechtskraft erlangen wird.

In der EPBD wird explizit darauf hingewiesen, dass die Einsatzmöglichkeiten alternativer Energietechnik bei Gebäuden (Energieeffizienzverordnung - EnEV) hat Bundesrat und Kabinett passiert [2]. Es ist davon auszugehen, dass die neue EnEV mit Wirkung des 1. Januar 2008 Rechtskraft erlangen wird.

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

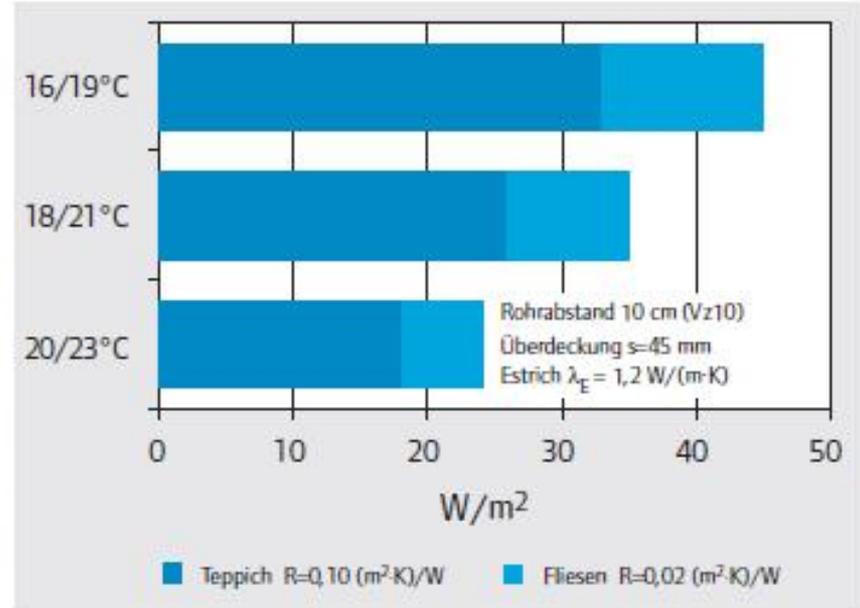
## Bauarten und Kühlleistung

	<b>Nassbau Vz15</b>	<b>Trockenbau Va 15</b>	<b>Dünnschichtsystem Vz 15</b>	<b>Decke, Nassbau Va10</b>
				
	<b>Zementestrich <math>s_{\ddot{u}} = 45\text{mm}</math></b>	<b>Trockenestrich <math>s_{\ddot{u}} = 25\text{mm}</math></b>	<b>Nivellierestrich <math>s_{\ddot{u}} = 8\text{mm}</math></b>	<b>Nassputz <math>s_{\text{U}} = 5\text{ mm}</math></b>
<b>Fliesen</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>65</b>
<b>Teppich</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	

Kühlleistungsdichten  $q_{\text{FBH}}$  in (W/m<sup>2</sup>) für unterschiedliche Flächenheizungen bei den Systemtemperaturen 16° C/19° C und unterschiedlichen Rohrüber- und -unterdeckungen  $s_{\ddot{u}}$

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

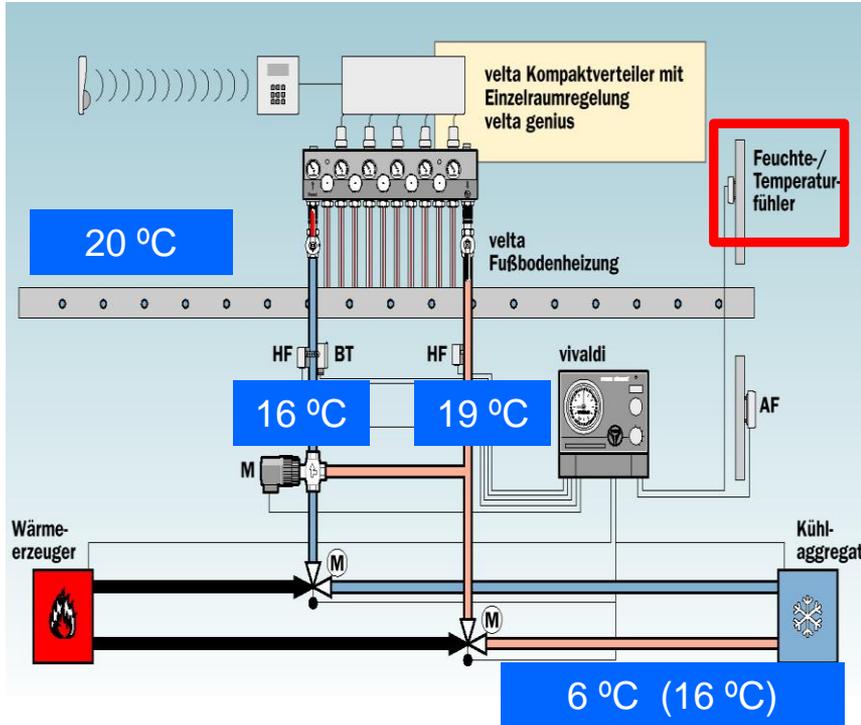
Hohe Vorlauftemperatur = hohe Energieeffizienz



**Abb. 14** Das Uponor-Klettsystem als Fußbodenkühlung: Kühlleistungsdichten  $q_{FBK}$  in ( $W/m^2$ ) in Abhängigkeit des Oberbodens und der Kaltwassertemperaturen

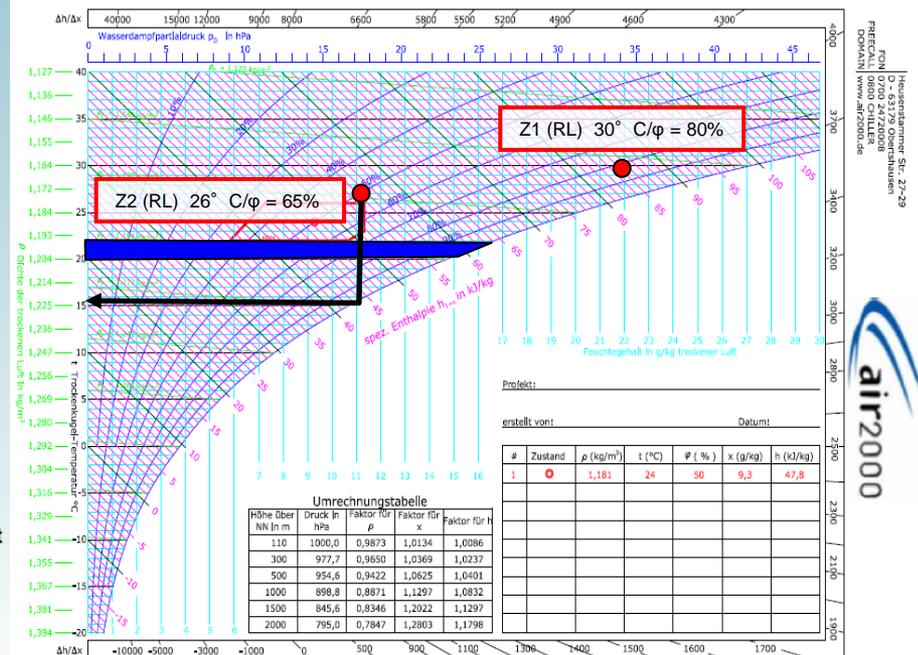
# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Funktionalität (Taupunktkontrolle)



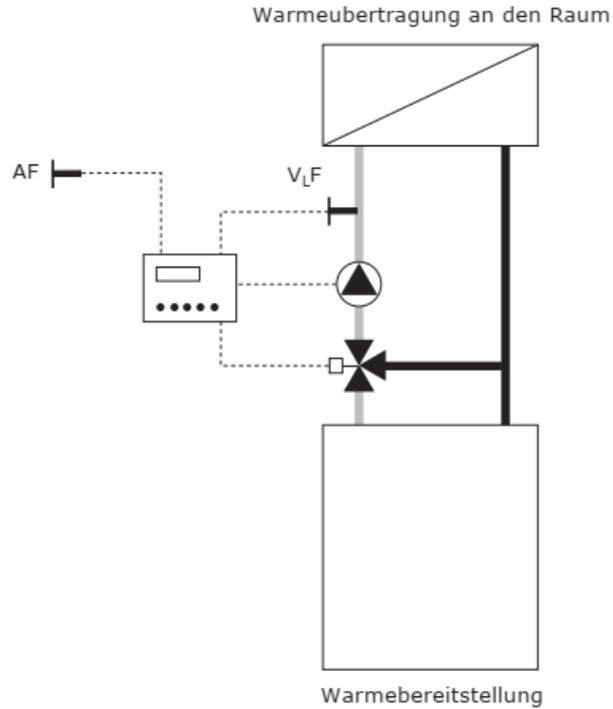
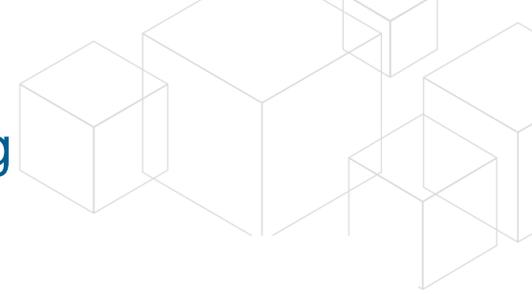
Möller-h,x-Diagramm für feuchte Luft

Gesamtdruck 1013,15 hPa



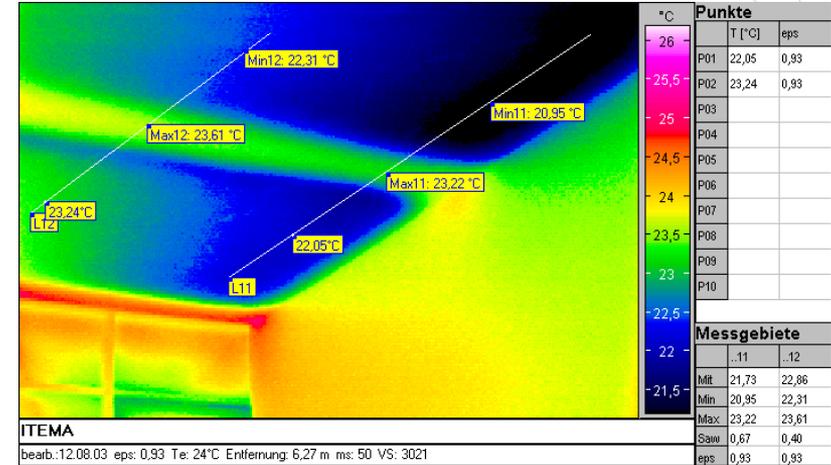
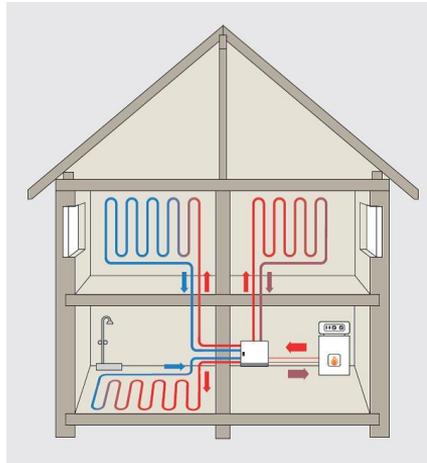
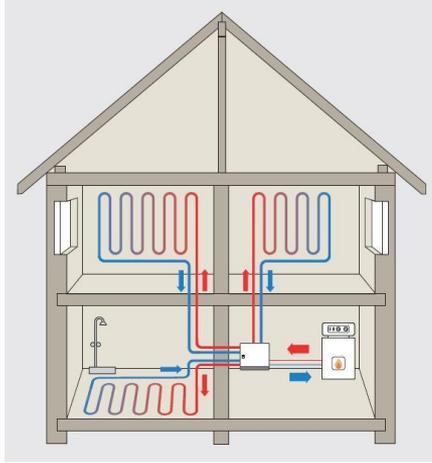
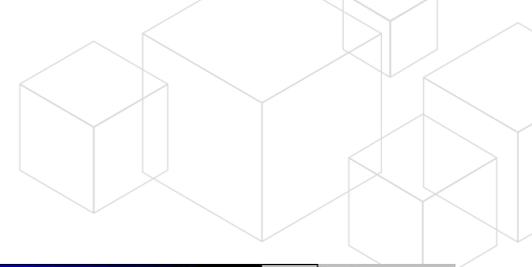
# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Die Regelungstechnik: Zonen- und Einzelraumregelung



# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Der hydraulische Abgleich



→ Bei Heizungsanlagen

Bei Kühlanlagen (Kühldecke/TABS)

# Im Dialog (3)

➔ Zwischenfazit zur Regelungstechnik

➔ Hydraulischer Abgleich bei der Flächenkühlung



INTERVIEW

Frank Hartmann ist Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH, 51145 Köln, frank.hartmann@bdh-koeln.de, www.flaechenheizung-bdh.de

## Im System denken

**Trends und Entwicklungen bei der Flächenheizung/-kühlung** Die alte Sichtweise der reinen Fußbodenheizung ist längst überholt. Auch an Wand und Decke ist die Flächenheizung mittlerweile zu einem wichtigen Baustein der Wärmewende geworden. Gleichzeitig gewinnt die Flächenkühlung zunehmend an Bedeutung. Im Interview mit der SBZ erläutert Frank Hartmann, dass für diese Trends und Entwicklungen einiges an neuem Knowhow benötigt wird. Dafür bietet der Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie (BDH) dem SHK-Handwerk umfassende Unterstützung.

**SBZ:** Herr Hartmann, Sie sind seit sieben Jahren als Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen?

**Frank Hartmann:** Unsere Mitgliedsunternehmen bilden ausgeglichene Systeme der Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen? Frank Hartmann: Unsere Mitgliedsunternehmen bilden ausgeglichene Systeme der Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen? Frank Hartmann: Unsere Mitgliedsunternehmen bilden ausgeglichene Systeme der Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen?

Entwicklung. Dabei geht es nicht nur um die Fördergeber, sondern vielmehr um die Ermittlung, dass Wärmeerzeugung, Wärmebereitstellung und eben die Wärmeübergabe zusammengehören und ergo optimal zu zusammenspielen müssen. Das hat auch den Informationsbedarf bei den Handwerkern erhöht.

Eine weitere sehr wichtige Entwicklung war es daher, dass wir in den letzten Monaten die Webseite des Fachbereichs grundlegend erneuert haben. So wurden hier Erkenntnisse und Ergebnisse aus unserer Projektarbeit eingepflegt und FAQs sowie ein Glossar ange-

legt. Bereits nach den ersten Monaten war in der Nutzeranalyse sehr deutlich zu erkennen, dass gerade die Grundlagen, aber auch unsere Informationsblätter, besonders gut angenommen werden.

Weiterhin war und ist die Überarbeitung der DIN EN 1264 in allen Teilen eine wichtige Aufgabe. Nicht zuletzt, da die Anwendungen für Wand- und Deckenflächen weiter detailliert wurden. Für diese Anliegen haben wir uns sehr eingesetzt.

**SBZ:** Und was kommt in Zukunft auf uns? Welche Trends sehen Sie derzeit?

INFO

### Informationsblatt erleichtert Inbetriebnahme und Wartung

Das technische Informationsblatt Nr. 76 „Dokumentation der Wärmeübergabe – Flächenheizung/-kühlung in Wohngebäuden“ richtet sich an Fachhandwerker sowie Planer und Architekten und zeigt auf, welche Informationen und Kenndaten bei Inbetriebnahme des Wärmeübergabesystems einschließlich Heizkreis- bzw. Kühlkreisverteiler an den Betreiber zu übergeben sind.

Erfolgende Dokumentationen erschweren eine spätere Modernisierung bzw. Optimierung der Anlagen in bestehenden Gebäuden nachhaltig. Mit diesem Informationsblatt stellt der BDH-Fachbereich Flächenheizung/-kühlung eine Handreichung zur Verfügung, die eine fachliche Dokumentation des Wärmeübergabesystems ermöglicht. Dies erleichtert nicht nur eine fachgerechte Wartung und Instandhaltung, sondern bei Bedarf auch eine Instandsetzung.

Das Informationsblatt Nr. 76 steht unter [www.flaechenheizung-bdh.de](http://www.flaechenheizung-bdh.de) in der Rubrik Informationsblätter kostenfrei zur Verfügung.

• Hier bietet das SBZ E-Paper mehr Informationen. Infos zum E-Paper: [www.sbz-online.de/epaper](http://www.sbz-online.de/epaper)

SBZ 10/21

Autor Dr.-Ing. Michael Günther Uponor Academy



## Thermische Behaglichkeit Wärmepumpen in Kombination mit Flächenheizung und -kühlung

Der Aufsatz widmet sich dem Anliegen, die moderne Wärmepumpentechnik auf der Grundlage der neuen EnEV zu bewerten. Hierbei werden auch die Randbedingungen der anvisierten thermischen Behaglichkeit nach neuen europäischen Normen berücksichtigt. Die Betriebsweise der Wärmepumpenanlagen schließt in diesem Zusammenhang auch die Raumkühlung mit ein. Es soll gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

Mit Wehrmann geht der Klimawandel in den Blickpunkt des allgemeinen Interesses. Mögen millisekündliche Aufmachungen dabei überzogen sein („Nur noch 13 Jahre bis zur Klimakatastrophe...“) – so sind bisherige Praktiken der Lebensweise und des Energieeinsatzes dennoch in Frage zu stellen. Die europäische Richtlinie EPBD „Gesamte Energieeffizienz von Gebäuden“ [1] hat 2002 einen neuerlichen Anstoß gegeben, sowohl die Baukonstruktion als auch die TGA Anlagen im Gesamten energiesparend und umweltschonend zu planen. Nummeriert liegt die Energieeffizienzverordnung EnEV 2007 [2] mit dem Änderungen des Bundesrates vor, deren Vorrang gegenüber früherer Vorordnungen sicher in der ganzheitlichen Betrachtung des Baugutes liegt, vom Neubau bis zur Renovierung, vom Wohngebäude bis zum Bürohaus, von der Raumheizung über die Raumkühlung bis zur Beleuchtung. Beide Dokumente enthalten Auforderungen, im weitläufigen größten Umfang als bisher regenerativer Energien zu nutzen. Das schließt die Raumheizung ebenso wie die Trinkwasser- bzw. Brauchwassererwärmung sowie die Klimatisierung bzw. Raumkühlung ein. Es soll im Folgenden gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

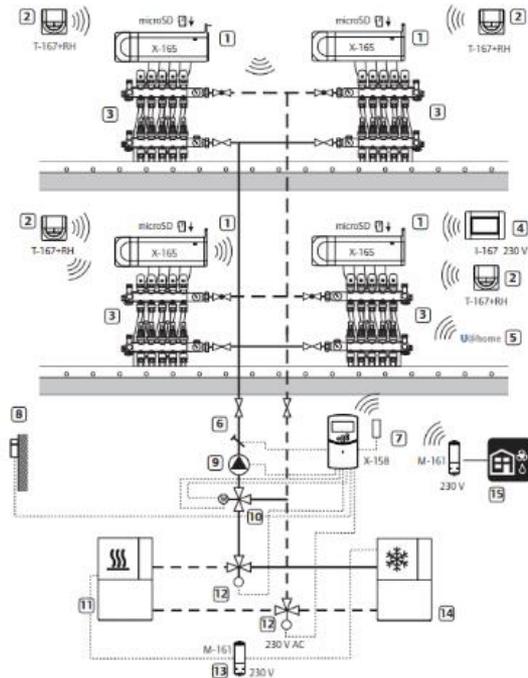
Die Fußbodenheizung hat dabei in der Schweiz einen Marktanteil von 95 % im Neubau und immerhin von 55 % in der Renovierung [3] erlangt. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung auch in Deutschland vollziehen wird. Nicht selten weisen jedoch regenerativer Energiesysteme den Mangel der Umweltverträglichkeit auf. Das gilt auch für Wärmepumpenanlagen, deren Amortisation sehr unterschiedlich bewertet wird. In einem Folgebeitrag werden Wärmepumpenanlagen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen, wobei die Wahl der Randbedingungen wie z. B. Baukonstruktion und Wärmedämmung, kombinierter Heiz- und Kältebetrieb das Ergebnis entscheidend beeinflusst.

**Die EnEV 2007 – eine Chance für Wärmepumpen?** Der Entwurf der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeffizienzverordnung – EnEV) hat Bundesrat und Kabinett passiert [2]. Es ist davon auszugehen, dass die neue EnEV mit Wirkung des 1. Januar 2008 rechtlich Kraft erlangen wird. In der EPBD wird explizit darauf hingewiesen, dass die Einsatzmöglichkeiten alternativer Energieversorgungssysteme in der Regel noch nicht voll ausgeschöpft werden. Es wird gefordert, für jedes Projekt

48 www.tzb.de © 2007

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Regelungstechnik (Grundausstattung) (1)

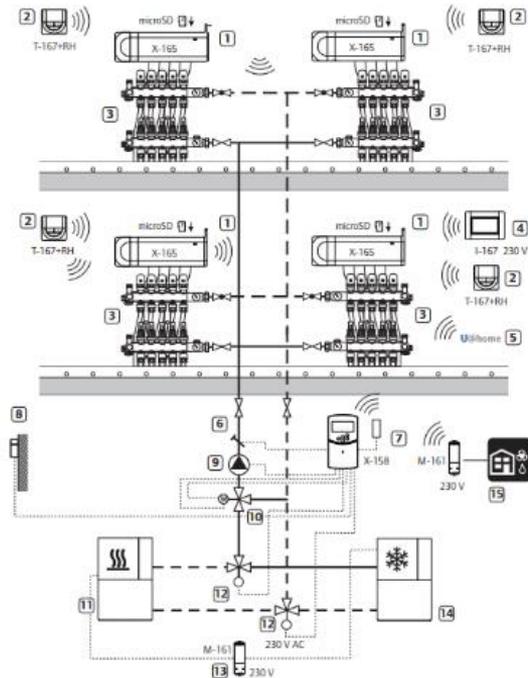


- 1 Uponor Smatrix Wave PLUS Regelmodul X-165 Bus 6-fach optional mit Erweiterungsmodul M-160
- 2 Uponor Smatrix Wave PLUS Raumfühler D+RH T-167
- 3 Verteiler mit Thermoantrieb 24V Vario PLUS oder Vario S
- 4 Uponor Smatrix Wave PLUS Bedienmodul I-167
- 5 U@home Module R-167 (nicht kompatibel mit DEM Radio 24V)
- 6 Vorlauffühler
- 7 Uponor Smatrix Move PLUS Heizen/Kühlen Regler X-158 Radio



# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Regelungstechnik (Grundausstattung) (2)



- 8 Außenfühler
- 9 Umwälzpumpe
- 10 3-Wege-Mischer mit 3-Punkt-Mischermotor 230V
- 11 Wärmeerzeuger
- 12 Umschaltventil Heizen/kühlen mit Antrieb 230V
- 13 Optional: Umschaltung Wärmeerzeuger oder Kaltwassersatz über Smatrix Wave Funk Schaltmodul M-161 2-fach
- 14 Kaltwassersatz
- 15 Optional: Aktivierung Entfechter über Smatrix Wave Funk Schaltmodul M-161 2-fach

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Hydraulischer Abgleich (1)

### Grundgleichung der Wärmelehre

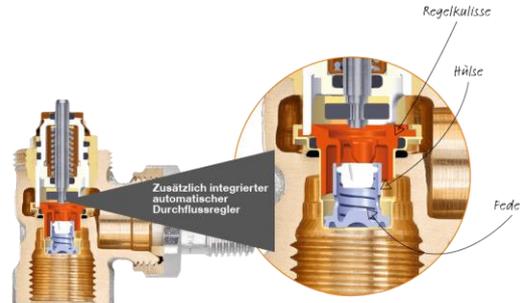
Unter der Bedingung, dass keine Änderung des Aggregatzustandes erfolgt, gilt für die einem Körper zugeführte oder von ihm abgegebene Wärme:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta \quad \text{bzw.} \quad Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$c$  spezifische Wärmekapazität

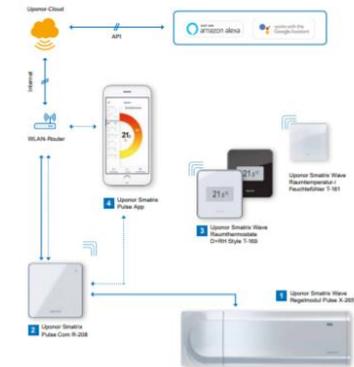
$m$  Masse des Körpers

$\Delta\vartheta, \Delta T$  Temperaturänderung des Körpers



### Varianten

1. Statisch
2. Dynamisch
3. Automatisch („temperaturbasiert“)

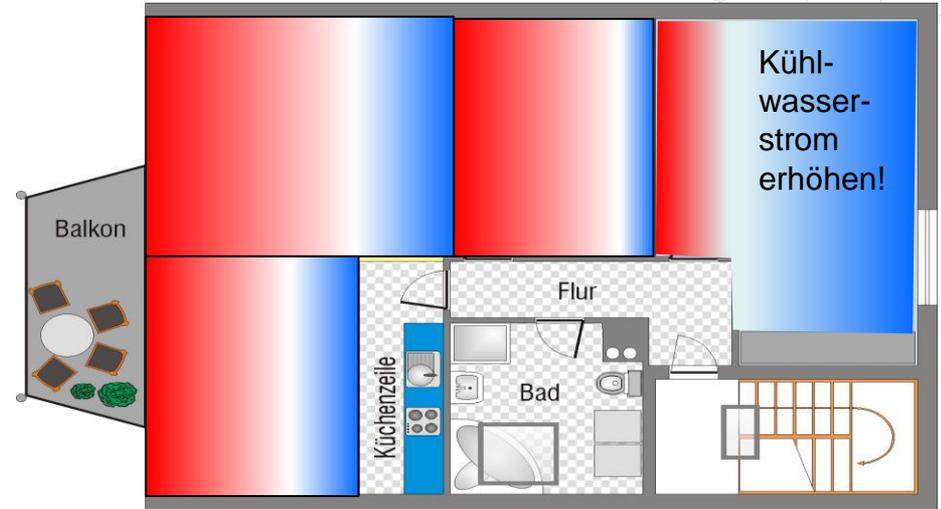


# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Hydraulischer Abgleich (2)

### Varianten des statischen Abgleichs

1. Nach dem Heizfall  $\equiv$  „Ankühlung“
2. Nach dem Kühlfall  $\equiv$  „Vollkühlung“
  - „worst case“ – Entscheidung
  - „Mitnahmeeffekt“ für den jeweils untergeordneten Fall



### Weitere Möglichkeiten

- a) Stufen-Regelung der Umwälzpumpe
- b) Zuschalten eines 2. Heiz-/Kühlkreises

	Spreizung	Wärmeübergang an der Oberfläche ( $\alpha$ )
Fußbodenheizung	5 ... 7 K	11,0 W/(m <sup>2</sup> .K)
Fußbodenkühlung	2 ... 4 K	6,5 W/(m <sup>2</sup> .K)

➤ Sehr häufig: Heizlast : Kühllast = 2 : 1

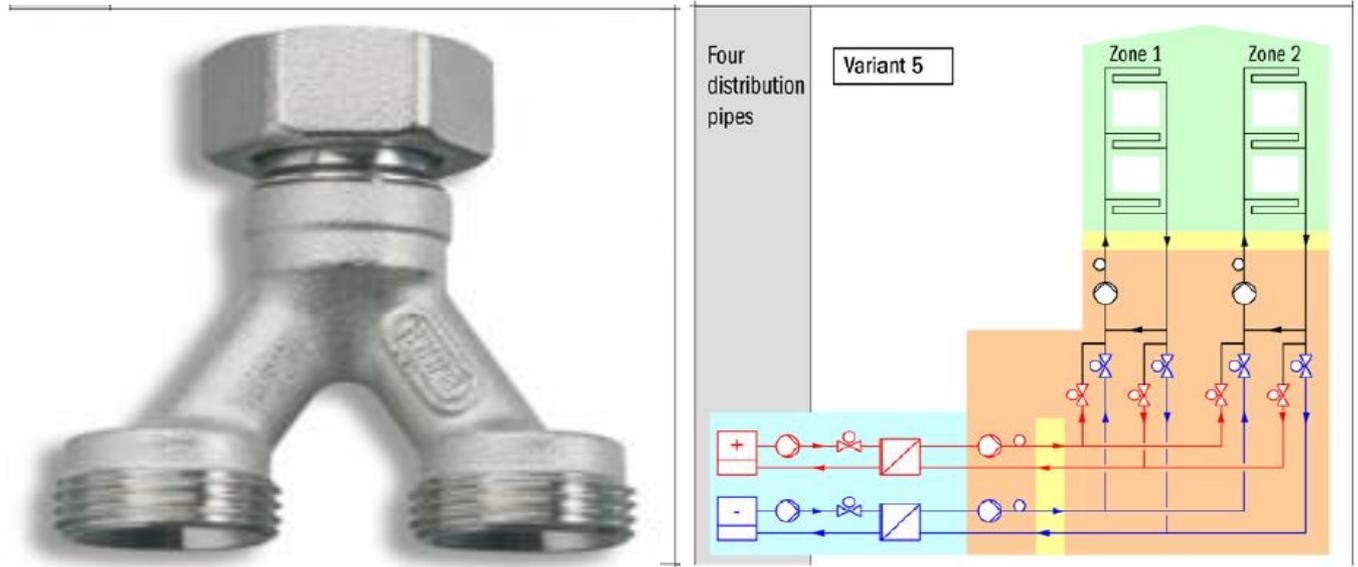


# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Hydraulischer Abgleich (3)

### Varianten

1. 2-Leiter-System
2. 3-Leiter-System
3. 4-Leiter-System



# Im Dialog (4)

- ➔ Zusammenfassung und Schlussfazit
- ➔ Eröffnung des Chats
- ➔ Wir antworten auf Ihre Fragen.

## INTERVIEW



Frank Hartmann

Frank Hartmann ist Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH, 51145 Köln, frank.hartmann@bdh-koeln.de, www.flaechenheizung-bdh.de

## Im System denken

**Trends und Entwicklungen bei der Flächenheizung/-kühlung** ■ Die alte Sichtweise der reinen Fußbodenheizung ist längst überholt. Auch an Wand und Decke ist die Flächenheizung mittlerweile zu einem wichtigen Baustein der Wärmewende geworden. Gleichzeitig gewinnt die Flächenkühlung zunehmend an Bedeutung. Im Interview mit der SZB erklärt Frank Hartmann, dass für diese Trends und Entwicklungen einiges an neuem Knowhow benötigt wird. Dafür bietet der Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie (BDH) dem SHK-Handwerk umfassende Unterstützung.

**SZB:** Herr Hartmann, Sie sind seit sieben Jahren als Referent des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung im BDH tätig. Was sind in dieser Zeit die wichtigsten Entwicklungen gewesen?

**Frank Hartmann:** Unsere Mitgliedsunternehmen bieten ausgereifte Systeme der Flächenheizung/-kühlung für alle Anwendungen an Boden, Wand und Decke in Haus- und Treckenbauweise an. Dazu kommt eine Vielzahl von Modernisierungssystemen, die insbesondere für die Erneuerung der Wärmeübergabe im Bestand entwickelt wurden und stetig weiterentwickelt werden. Auch neue Montageinnovationen, wie z. B. das Klettssystem schreiben in ihrer Akzeptanz voran.

Die Technik ist da. Allerdings wird die Flächenheizung/-kühlung in manchen Kreisen oft nur als Fußbodenheizung wahrgenommen. Dementsprechend ist es unsere Aufgabe im Fachbereich, die große Anwendungsvielfalt und die technischen Möglichkeiten der Flächenheizung/-kühlung umfassend zu vermitteln. Dazu gehören auch Wände- und Deckenflächen sowie die vorgefertigte Doppelfunktion Heiz- und Kühlen.

**SZB:** Womit beschäftigen Sie sich aktuell?

**Hartmann:** Dass die Flächenheizung/-kühlung als anrechenbare Nebenkosten in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) förderfähig wurde, war eine zwar längst überfällige, aber umso erfreulichere

Entwicklung. Dabei geht es nicht nur um die Fördergelder, sondern vielmehr um die Erkenntnis, dass Wärmeerzeugung, Wärmebereitstellung und eben die Wärmeübergabe zusammengehören und eng optimal zusammenspielen müssen. Das hat auch den Informationsbedarf bei den Handwerkern erhöht.

Eine weitere sehr wichtige Entwicklung war es daher, dass wir in den letzten Monaten die Website des Fachbereichs grundlegend erneuert haben. So wurden hier Erkenntnisse und Ergebnisse aus unserer Projektarbeit eingepflegt und FAQs sowie ein Glossar ange-

legt. Bereits nach den ersten Monaten war in der Nutzeranalyse sehr deutlich zu erkennen, dass gerade die Grundlagen, aber auch unsere Informationsblätter, besonders gut angenommen werden.

Weiterhin war und ist die Überarbeitung der DIN EN 1264 in allen Teilen eine wichtige Aufgabe. Nicht zuletzt, da die Anwendungen für Wand- und Deckenflächen weiter detailliert wurden. Für dieses Anliegen haben wir uns sehr eingesetzt.

**SZB:** Und was kommt in Zukunft auf uns zu? Welche Trends sehen Sie derzeit?

## INFO

### Informationsblatt erleichtert Inbetriebnahme und Wartung

Das technische Informationsblatt Nr. 76 „Dokumentation der Wärmeübergabe – Flächenheizung/-kühlung in Wohngebäuden“ richtet sich an Fachhandwerker sowie Planer und Architekten und zeigt auf, welche Informationen und Kenndaten bei Inbetriebnahme des Wärmeübergabesystems einschließlich Heizkreis- bzw. Kühlkreisverteiler an den Betreiber zu übergeben sind.

Fehlende Dokumentationen erschweren eine spätere Modernisierung bzw. Optimierung der Anlagen in bestehenden Gebäuden nachhaltig. Mit diesem Informationsblatt stellt der BDH-achbereich Flächenheizung/-kühlung eine Handreichung zur Verfügung, die eine fachliche Dokumentation des Wärmeübergabesystems ermöglicht. Dies erleichtert nicht nur eine fachgerechte Wartung und Instandhaltung, sondern bei Bedarf auch eine Instandsetzung.

Das Informationsblatt Nr. 76 steht unter [www.flaechenheizung-bdh.de](http://www.flaechenheizung-bdh.de) in der Rubrik Informationsblätter kostenfrei zur Verfügung.

➔ Hier bietet das SZB E-Paper mehr Informationen. Infos zum E-Paper: [www.szb-online.de/epaper](http://www.szb-online.de/epaper)

SZB 10/21

Autor  
Dr.-Ing. Michael Günther  
Uponor Academy



## Thermische Behaglichkeit Wärmepumpen in Kombination mit Flächenheizung und -kühlung

Der Aufsatz widmet sich dem Anliegen, die moderne Wärmepumpentechnik auf der Grundlage der neuen EnEV zu bewerten. Hierbei werden auch die Randbedingungen der anvisierten thermischen Behaglichkeit nach neuen europäischen Normen berücksichtigt. Die Betriebsweise der Wärmepumpenanlagen schließt in diesem Zusammenhang auch die Raumkühlung mit ein. Es soll gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

Mit Wehrmeyer greift der Klimawandel in dem Blickpunkt des allgemeinen Interesses. Mögen realistische Aufmachungen dabei überlegen sein („Nur noch 13 Jahre bis zur Klimakatastrophe...“), so sind bisherige Praktiken der Lebensweise und des Energieeinsatzes dennoch in Frage zu stellen.

Die europäische Richtlinie EPBD „Gesamteffizienz von Gebäuden“ [1] hat 2002 einen neuen Anstoß gegeben, sowohl die Baukonstruktion als auch die TGA-Anlagen im Gesamtenergieeinsatz und umweltschonend zu planen. Nummeriert liegt die Energieeinsparverordnung EnEV 2007 [2] mit den Änderungen des Bundesrats vor, deren Verzug gegenüber früherer Verordnungen sicher in der ganzheitlichen Betrachtung des Baugeschäfts liegt; vom Neubau bis zur Renovierung, vom Wohngebäude bis zum Büroturn, von der Raumheizung über die Raumkühlung bis zur Belüchtung.

Beide Dokumente enthalten Anforderungen, im weitesten größeren Umfang als bisher regenerative Energien zu nutzen. Das schließt die Raumheizung ebenso wie die Trinkwasser- bzw. Brauchwassererwärmung sowie die Klimatisierung bzw. Raumkühlung ein.

Es soll im Folgenden gezeigt werden, dass die Kombination von Wärmepumpen und Systemen der Flächenheizung und -kühlung sehr energieeffizient ist und zahlreiche Neuentwicklungen einschließt.

Die Fußbodenheizung hat dabei in der Schweiz einen Marktanteil von 95 % im Neubau und immerhin von 55 % in der Renovierung [3] erlangt. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung auch in Deutschland vollziehen wird.

Nicht selten weisen jedoch regenerative Energiesysteme den Mangel der Unwirtschaftlichkeit auf. Das gilt auch für Wärmepumpenanlagen, deren Amortisation sehr unterschiedlich bewertet wird. In einem Folgebeitrag werden Wärmepumpenanlagen einer Wirtschaftlichkeitsbeurteilung unterzogen, wobei die Wahl der Randbedingungen wie z. B. Baukonstruktion und Wärmedämmung, kombinierter Heiz- und Kühlbetrieb das Ergebnis entscheidend beeinflusst.

**Die EnEV 2007 – eine Chance für Wärmepumpen?**  
Der Entwurf der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) hat Bundesrat und Kabinett passiert [2]. Es ist davon auszugehen, dass die neue EnEV mit Wirkung des 1. Januar 2008 Rechtskraft erlangt wird.

In der EPBD wird explizit darauf hingewiesen, dass die Einsatzmöglichkeiten alternativer Energieversorgungssysteme in der Regel nach nicht voll ausgeschöpft werden. Es wird gefordert, für jedes Projekt

48 [www.tab.de](http://www.tab.de) © 2007

# Die Flächenkühlung in Wohngebäuden

## Kostenvergleich



Gesamt-Kostenübersicht aus gemittelten Werten des BDH und des BKI						
Fußbodenheizung /-kühlung für <b>Neubau EFH</b>						
Beschreibung	Standard - nass	Standard - trocken	Komfort 1 - nass	Komfort 1 - trocken	Komfort 2 - nass	Komfort 2 - trocken
<b>1 Flächenheizung /-kühlsystem</b>						
1.1 Wärmeübergabe	3.872,38	8.113,57	4.121,54	8.402,03	5.128,85	13.417,05
1.2 Wärmeverteilung	1.156,85	1.316,70	1.156,85	1.316,70	1.612,56	1.391,26
1.3 Steuerungstechnik	1.011,17	1.133,87	2.539,15	2.570,60	2.841,29	2.750,98
<b>Zwischensumme System <i>ohne</i> Baunebenleistungen</b>	<b>6.040,40</b>	<b>10.564,14</b>	<b>7.817,54</b>	<b>12.289,33</b>	<b>9.582,70</b>	<b>17.559,29</b>
<i>Bau-Nebenleistungen</i>						
1.4 Elektro-Installation	395,00	395,00	165,00	165,00	165,00	165,00
1.5 Einbringen des Nass-Estrich	2.400,00		2.400,00		2.400,00	
1.6 Einbringen des Trocken-Estrich		6.150,00		6.150,00		6.150,00
1.7 Handtuchheizkörper	585,00	585,00	585,00	585,00	585,00	585,00
<b>Zwischensumme System <i>mit</i> Baunebenleistungen</b>	<b>9.420,40</b>	<b>17.694,14</b>	<b>10.967,54</b>	<b>19.189,33</b>	<b>12.732,70</b>	<b>24.459,29</b>
<b>2 Heiz- bzw. Kühlkreis (Verrohrung)</b>	<b>1.769,40</b>	<b>1.769,40</b>	<b>1.769,40</b>	<b>1.769,40</b>	<b>1.769,40</b>	<b>1.769,40</b>
<b>3 Inbetriebnahme (Übergabe)</b>	<b>65,00</b>	<b>65,00</b>	<b>65,00</b>	<b>65,00</b>	<b>65,00</b>	<b>65,00</b>
3.1 Funktions- und Belegreifheizen	210,00		210,00		210,00	
<b>Gesamtkosten der Systeme (netto) in €</b>	<b>11.254,80</b>	<b>19.528,54</b>	<b>12.801,94</b>	<b>21.023,73</b>	<b>14.567,10</b>	<b>26.293,69</b>
Gesamtkosten inkl. 19 % MwSt. in €	13.393,21	23.238,96	15.234,31	25.018,24	17.334,85	31.289,49
Systemkosten ( <i>ohne</i> Baunebenleistungen) in €/m <sup>2</sup> (inkl. MwSt.)	64,14	98,36	78,24	112,05	92,24	153,86
Gesamtkosten <i>mit</i> Baunebenleistungen in €/m <sup>2</sup> (inkl. MwSt.)	89,29	154,93	101,56	166,79	115,57	208,60

Weitere Informationen zum System- und Kostenvergleich stehen auf der Website des Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung kostenfrei zu Verfügung:

<https://www.flaechenheizung-bdh.de/publikationen/fachartikel/artikel/system-und-kostenvergleich-zur-flaechenheizung-kuehlung-efh-neubau-teil-1>

<https://www.flaechenheizung-bdh.de/publikationen/fachartikel/artikel/system-und-kostenvergleich-zur-flaechenheizung-kuehlung-efh-neubau-teil-2>

Stand: 2018

# Weitere Informationen ....



Unser nächstes Online-Seminar:

## „Praxisbeispiele der Flächenheizung/-kühlung“ am 17.05.2023 um 17.00 Uhr.

➔ <https://www.flaechenheizung-bdh.de/seminare/online-seminare-und-fachkonferenzen-zur-flaechenheizung-und-flaechenkuehlung>



# Mitgliedsunternehmen des BDH-Fachbereichs Flächenheizung/-kühlung

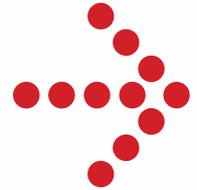


MEMBER OF THE WURTH GROUP



→ Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

→ Weiteres unter [www.flaechenheizung-bdh.de](http://www.flaechenheizung-bdh.de)



**BDH**  
Bundesverband der  
Deutschen Heizungsindustrie