

... DIE AUSLEGUNG EINER FUSSBODENHEIZUNG?

# Für Millionen von Rohrm Metern



Was die 5000 Watt Heizleistung dieses Grills mit einer Fußbodenheizung zu tun hat, lesen Sie in diesem Bericht

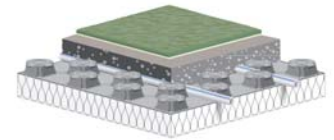
Bild: Serdiukov / thinkstock

**In jeder Minute des vergangenen Jahres wurden über 25 Meter Rohr verlegt, nur zur Nutzung als Fußbodenheizung. Grund genug für den SBZ Monteur, dieses versteckte Rohr gedanklich aus dem Estrich zu buddeln und ins Licht eines Berichts zu setzen.**

Lauf dem **➔ Bundesverband der Flächenheizung (BVF)** sind bereits 24,0 Millionen Quadratmeter Heizfläche als Fußbodenheizung (FBH) in Deutschland installiert worden. In diesen Flächen wurden insgesamt 185 Millionen Meter Rohr verlegt, davon alleine im letzten Jahr 13,7 Millionen Meter. Die meisten Anlagenmechaniker sind daher sicherlich schon mal in Berührung gekommen mit dieser effizienten Technik der Wärmeübergabe an einen Raum.

Wie aber sieht es mit dem Wissen über diese Technik aus? Mein Eindruck: Vor allem das ständig abrufbare, also das präsent, Wissen, ist recht wackelig. Ich höre sehr oft, dass die Monteure häufig einen Verlegeabstand von 10 Zentimetern einbringen. Aber dann hört es auch schon auf mit den Detailkenntnissen. Aufgrund der Verbreitung und damit der Bedeutung dieser Technik hilft es natürlich, wenn man mehr an Grundwissen mit sich trägt und abrufen kann.

**Uponor Tecto Auslegungstabellen  
für Lastverteilschicht Zementestrich:  
Nenndicke 45 mm, Wärmeleitfähigkeit 1,2 W/mK**



$\vartheta_i = 20\text{ °C}$  ,  $R_{\lambda,B} = 0,15\text{ m}^2\text{K/W}$

$\vartheta_{F,m}$ [°C]	$q_{des}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\vartheta_{V,des} = 55,5\text{ °C}^{(1)}$		$\vartheta_{V,des} = 50\text{ °C}$		$\vartheta_{V,des} = 45\text{ °C}$	
		Vz [cm]	$A_{Fmax.}$ [m <sup>2</sup> ]	Vz [cm]	$A_{Fmax.}$ [m <sup>2</sup> ]	Vz [cm]	$A_{Fmax.}$ [m <sup>2</sup> ]
29	100	10	5				
28,6	95	10	7,5				
28,2	90	10	10				
27,8	85	15	10	10	5		
27,3	80	15	13	10	7,5		
26,9	75	20	13,5	10	10,5		
26,5	70	25	14	15	11,5	10	5,5
26,1	65	25	19	20	12,5	10	9
25,7	60	30	20,5	25	13	15	10
25,2	55	30	26,5	25	18,5	15	14
24,8	50	30	32	30	22	20	17
24,4	45	30	38	30	28,5	25	19,5
≤ 23,9	≤ 40	30	42	30	35	30	24,5

Bild: Uponor

**Eine einfache erste Auslegung einer Fußbodenheizung ist in erster Näherung mittels einer solchen herstellereigenen Auslegungstabelle möglich**

## GRUNDSÄTZLICHES

Jedem von uns ist es zum Teil auf schmerzliche Weise bekannt geworden, dass eine Temperaturdifferenz entscheidend ist für die Wärmeleistung einer Heizfläche. Gerade jetzt, während der Grillsaison, wird erlebbar, dass die geringe Strahlungswärme eines Holzkohlegrills in der Startphase kaum das Grillgut beeindruckt. Die Prüfung mit der Handfläche über der Kohle signalisiert eine geringe Leistung. Glüht der gesamte Kohlehaufen, vermag man nur noch kurz mit der Hand über dem Grillrost zu fuchteln. Es ist heiß und die Wärmeleistung entsprechend hoch. Mit gleicher Fläche kann der Grill also in der Startphase 50 Watt Leistung abgeben und dann in voller Glut bei 5000 Watt landen.

Zurück zur Beheizung eines Raumes kann man daher zwei einfache Grundregeln aufstellen:

## GRUNDREGELN RAUMERWÄRMUNG

Entweder du arbeitest mit einer großen Fläche, dann reicht eine geringe Temperaturdifferenz zur Leistungsabgabe (200 Grills in der Startphase mit je 50 Watt ergeben 10 000 Watt). Oder du arbeitest mit hoher Temperaturdifferenz und kannst mit kleiner Fläche auskommen (2 Grills in voller Glut mit je 5000 Watt).

An diesem drastischen und plastischen Beispiel soll die Besonderheit einer FBH klar gemacht werden. Dieses Gleichnis aus der Praxis lässt sich jetzt sehr leicht übertragen auf die Unterscheidung eines kompakten Heizkörpers, der grundsätzlich mit höherer Temperatur arbeitet als eine großflächige FBH.

## WAS TUN MIT DIESEM WISSEN?

Ein Heizkörper wird sehr häufig für eine Vorlauftemperatur von 55°C ausgelegt. FBH können auch schon mit 35°C zufrieden sein. Diese 20 Kelvin als Differenz zwischen 55°C und 35°C sind aber entscheidend für die Effizienz von Wärmeerzeugern. Das krassste Beispiel für einen Unterschied in der Effizienz zeigt sich bei einer Wärmepumpe. Während diese sich bei Vorlauftemperaturen bis 35°C pudelwohl fühlt und äußerst effizient arbeitet, kippt die Situation, wenn eine solche Wärmepumpe tatsächlich 55°C liefern soll. Ein Brennkessel kann zwar locker 55°C liefern, arbeitet aber auch effizienter und, wenn man so will, brennwertiger, wenn die Bude auch mit 35°C im Vorlauf auskommt.

Ein seit Jahren gängiges Ziel zur Beheizung ist es also, die notwendigen Vorlauftemperaturen eines Wärmeerzeugers so niedrig wie nötig zu halten. Jetzt spannen wir den Bogen zurück zur Auslegung einer FBH und den damit verbundenen Zusammenhängen.

## BASIS DER AUSLEGUNG

Um ein Ziel zu erreichen, muss dieses bekannt sein, das ist nichts Neues. Das Ziel zur Beheizung eines Raumes wird durch die Berechnung einer **Heizlast** vorgegeben. Immer vor dem Hintergrund der eben genannten Zusammenhänge kann man bei einer FBH mit Schätzungen nicht viel anfangen. Es liegen nämlich Welten zwischen der Beheizung eines Raumes mit angenommen 10 Quadratmetern Grundfläche, wenn dieser mit einer Heizlast von satten 800 Watt oder eben nur 500 Watt daherkommt. In diesen Beispielen ergeben sich nämlich zwei extreme Zielwerte:

Der 10-Quadratmeter-Raum mit 800 Watt benötigt pro Quadratmeter 80 Watt Leistung (denn  $800 \text{ W}/10 \text{ m}^2 = 80 \text{ W}/\text{m}^2$ ) und der 10-Quadratmeter-Raum mit 500 Watt benötigt pro Quadratmeter 50 Watt (denn  $500 \text{ W}/10 \text{ m}^2 = 50 \text{ W}/\text{m}^2$ ).

Basis einer FBH-Auslegung muss es also sein, die Anforderung genau zu kennen. Die Heizlastberechnung nach **DIN EN 12831** geht also jeder FBH-Auslegung voran. Für die Heizlast ist es wichtig, die angestrebte Raumtemperatur zur Beheizung zu kennen. Standard für Wohnräume ist meist  $20^\circ\text{C}$  und für Bäder  $24^\circ\text{C}$ .

## EINFACHER FALL ZUM EINSTIEG

Mit den eben im Beispiel genannten Vorgaben kann man in die Auslegungstabellen eines Systemanbieters für FBH wandern und stumpf auswählen.

Zwei Beispiele sollen dies erläutern:

Beispiel 1:

Raumfläche  $10 \text{ m}^2$ , Heizlast: 800 Watt, Raumtemperatur  $20^\circ\text{C}$ , Vorlauftemperatur  $50^\circ\text{C}$

folglich sollen  $80 \text{ W}/\text{m}^2$  geliefert werden

Beispiel 2:

Raumfläche  $10 \text{ m}^2$ , Heizlast: 500 Watt, Raumtemperatur  $20^\circ\text{C}$ , Vorlauftemperatur  $50^\circ\text{C}$

folglich sollen  $50 \text{ W}/\text{m}^2$  geliefert werden

Für das Beispiel 1 ergibt sich zur Ablesung umgangssprachlich:

Wenn du  $80 \text{ W}/\text{m}^2$  forderst, solltest du einen Verlegeabstand von 10 cm (Vz) wählen. Dabei ergibt sich dann eine Oberflächentemperatur von  $27,3^\circ\text{C}$  ( $\vartheta_{\text{F,m}}$ ). Du kannst unter diesen Umständen maximal  $7,5 \text{ m}^2$  mit einem Heizkreis verlegen ( $A_{\text{F,max.}}$ ), daher sind in diesem Raum mindestens zwei Kreise notwendig.

Für das 2. Beispiel ergibt sich zur Ablesung umgangssprachlich:

Wenn du  $50 \text{ W}/\text{m}^2$  forderst, brauchst du nur einen Verlegeabstand von 30 cm (Vz) wählen. Dabei ergibt sich dann eine Oberflächentemperatur von  $24,8^\circ\text{C}$ . Du kommst unter diesen Umständen locker mit nur einem Kreis aus.

Diese sehr schlichte erste Annäherung reicht für eine solide Schätzung aus, zeigt aber noch nicht sehr viel über das Verhalten einer FBH. Das ergibt sich erst beim genaueren Betrachten eines Auslegungsdiagramms.

## KURVENDISKUSSION

Was sich anhört wie höhere Mathematik, soll hier die Eigenschaften einer FBH verdeutlichen. Zunächst eine Erklärung der Begriffe:

### Heizmittelübertemperatur

Die von links nach rechts steigenden Geraden in dem Auslegungsdiagramm auf der Seite 14 beschreiben die Heizmittelübertemperaturen. Damit wird sinngemäß die in dem Grillbeispiel genannte Temperaturdifferenz beschrieben, nur eben bezogen auf eine FBH und in der Differenz zum beheizten Raum. Leider ergibt sich diese Heizmittelübertemperatur als ein sogenanntes logarithmisches Mittel von Vorlauftemperatur, der Rücklauftemperatur und der Norm-Innentemperatur des Raumes. Leider deshalb, weil man sich das logarithmische Mittel nicht gut vorstellen kann. Gedanklich ist aber Folgendes nachvollziehbar:

Eine FBH wird von  $50^\circ\text{C}$  heißem Wasser durchströmt und dieses Heizwasser kühlt sich natürlich auf dem Weg durch das FBH-Rohr ab, während die Wärme an den Raum übergeben wird. Kommt das Wasser nach der Beheizung mit  $40^\circ\text{C}$  wieder zurück aus dem Raum und dieser Raum hat eine Temperatur von  $20^\circ\text{C}$ , dann ist die Differenz zwischen Raum und Heizmittel errechenbar. Die mittlere Temperatur des Heizwassers läge genau auf der Mitte zwischen 50 und  $40^\circ\text{C}$ , also bei  $45^\circ\text{C}$ . Damit läge nach dieser schlichten Betrachtung die Übertemperatur bei 25 K (denn  $45^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 25 \text{ K}$ ).

Im Kopf gut nachvollziehbar, genauer wird diese Betrachtung aber erst dann, wenn man nicht das soeben beschriebene arithmetische, sondern das logarithmische Mittel bildet.

Wer will, kann sich diese Formel des logarithmischen Mittels ansehen und das Beispiel überprüfen. Für den Durchblick bei der FBH ist der Ansatz über das arithmetische Mittel aber völlig ausreichend.

$$\Delta\vartheta_H = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \frac{\vartheta_V - \vartheta_i}{\vartheta_R - \vartheta_i}}$$

Einsetzen der Werte für

Vorlauftemperatur:  $50^\circ\text{C}$

Rücklauftemperatur:  $40^\circ\text{C}$

Raumtemperatur:  $20^\circ\text{C}$

$$\Delta\vartheta_H = \frac{50 - 40}{\ln \frac{50 - 20}{40 - 20}} = 24,66 \text{ K}$$

Für den gedanklichen Ansatz reicht es also im Beispiel aus, das leicht zu errechnende arithmetische Mittel mit 25 K zu betrachten und nicht zwingend auf das logarithmische Mittel zu wechseln.

### Richtwerte einiger Wärmeleitwiderstände

Teppich	ca. 0,06 - 0,15 m <sup>2</sup> K/W
Parkett	ca. 0,04 - 0,11 m <sup>2</sup> K/W
PVC	ca. 0,025 m <sup>2</sup> K/W
Fliesen, Marmor	ca. 0,01 - 0,02 m <sup>2</sup> K/W

Bild: Uponsor

### Gute oder schlechte Wärmeleitung des Fußbodenbelages ist im Rahmen einer Fußbodenheizungsauslegung von Bedeutung

#### Wärmeleitwiderstand

Der Bodenbelag eines Raumes, der mittels FBH beheizt wird, muss selbstverständlich in die Betrachtung der Wärmeabgabe einbezogen werden. Klar ist, dass ein hoher, dicker Teppich den Wärmefluss von FBH zum Raum mehr ausbremst als eine dünne Fliese. Diese Eigenschaft findet sich wieder in dem Wärmeleitwiderstand, wobei die dünne Fliese eher den geringen Widerstand darstellt (im Diagramm 0,05 m<sup>2</sup>K/W) und der dicke Teppich sich mit einem hohen Widerstand zeigt (im Diagramm 0,15 m<sup>2</sup>K/W). Da man nicht immer genau wissen kann, ob der zu beheizende Raum auf Dauer nur mit Fliese oder doch irgendwann mit einem Teppich ausgelegt bleibt, nimmt man regelmäßig den Wert von 0,15 m<sup>2</sup>K/W als Widerstand an.

#### Grenzkurve einer Aufenthaltszone

In den Diagrammen sind für den jeweiligen Verlegeabstand sogenannte Grenzkurven eingezeichnet. Diese markieren die Grenze, ab der oberhalb der Kurve die Temperaturmarke von 29 °C als Fußbodenoberflächentemperatur überschritten würde. Diese magischen 29 °C gelten als Grenze in Aufenthaltsbereichen und dürfen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik grundsätzlich nicht überschritten werden. Auf Ausnahmen zu dieser Grenze wird in diesem Bericht nicht eingegangen, um den roten Faden nicht zu verlieren.

#### ABLESUNG AUS DIAGRAMM

In dem Diagramm sollen, nach Kenntnis fast aller Einflüsse auf eine FBH, einige Vergleiche angestellt werden. Damit werden auch die letzten Tröpfchen der Erkenntnis gesammelt. Ablesebeispiel zu verschiedenen Leitungsanforderungen:

Raumtemperatur: 20 °C,

Vz 30 cm

Wärmeleitwiderstand: 0,10 m<sup>2</sup>K/W,

a) spezifische Heizlast: 40 W/m<sup>2</sup>,

b) spezifische Heizlast: 60 W/m<sup>2</sup>,

c) spezifische Heizlast: 80 W/m<sup>2</sup>

Ablesebeispiel zu verschiedenen Oberböden:

spezifische Heizlast: 50 W/m<sup>2</sup>,

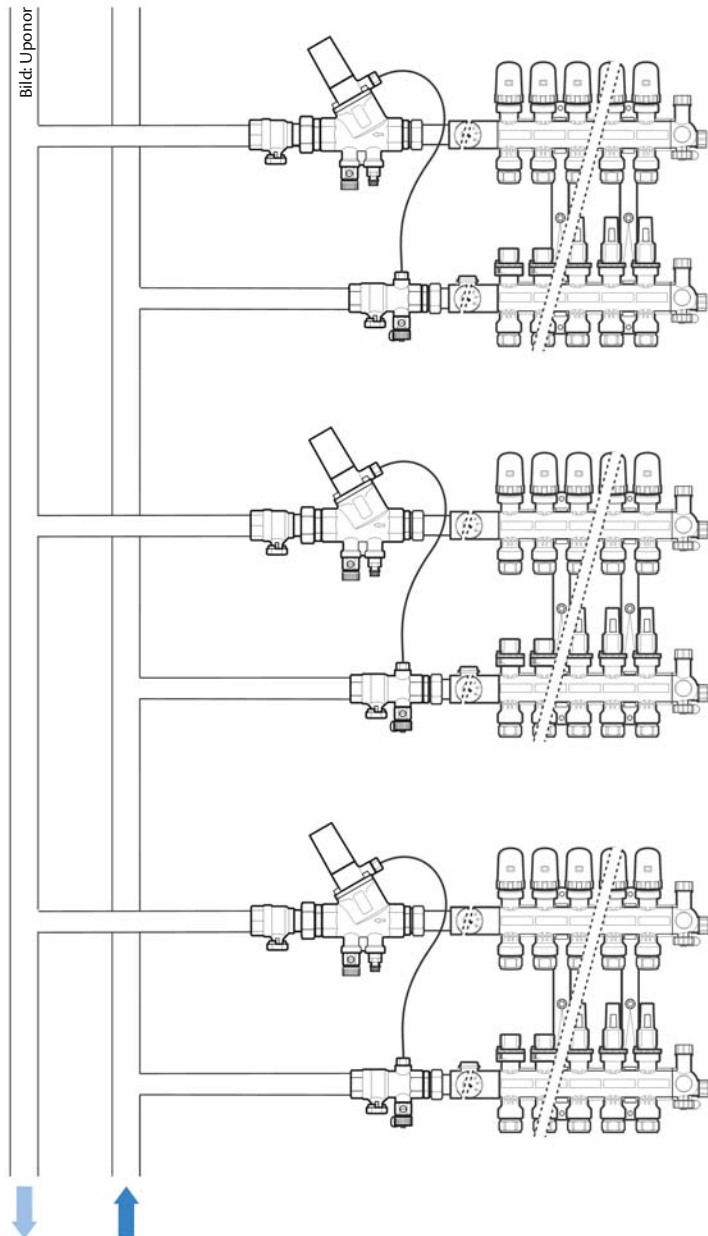
Raumtemperatur: 20 °C,

Vz 10 cm

d) Wärmeleitwiderstand: 0,15 m<sup>2</sup>K/W,

e) Wärmeleitwiderstand: 0,10 m<sup>2</sup>K/W,

f) Wärmeleitwiderstand: 0,05 m<sup>2</sup>K/W



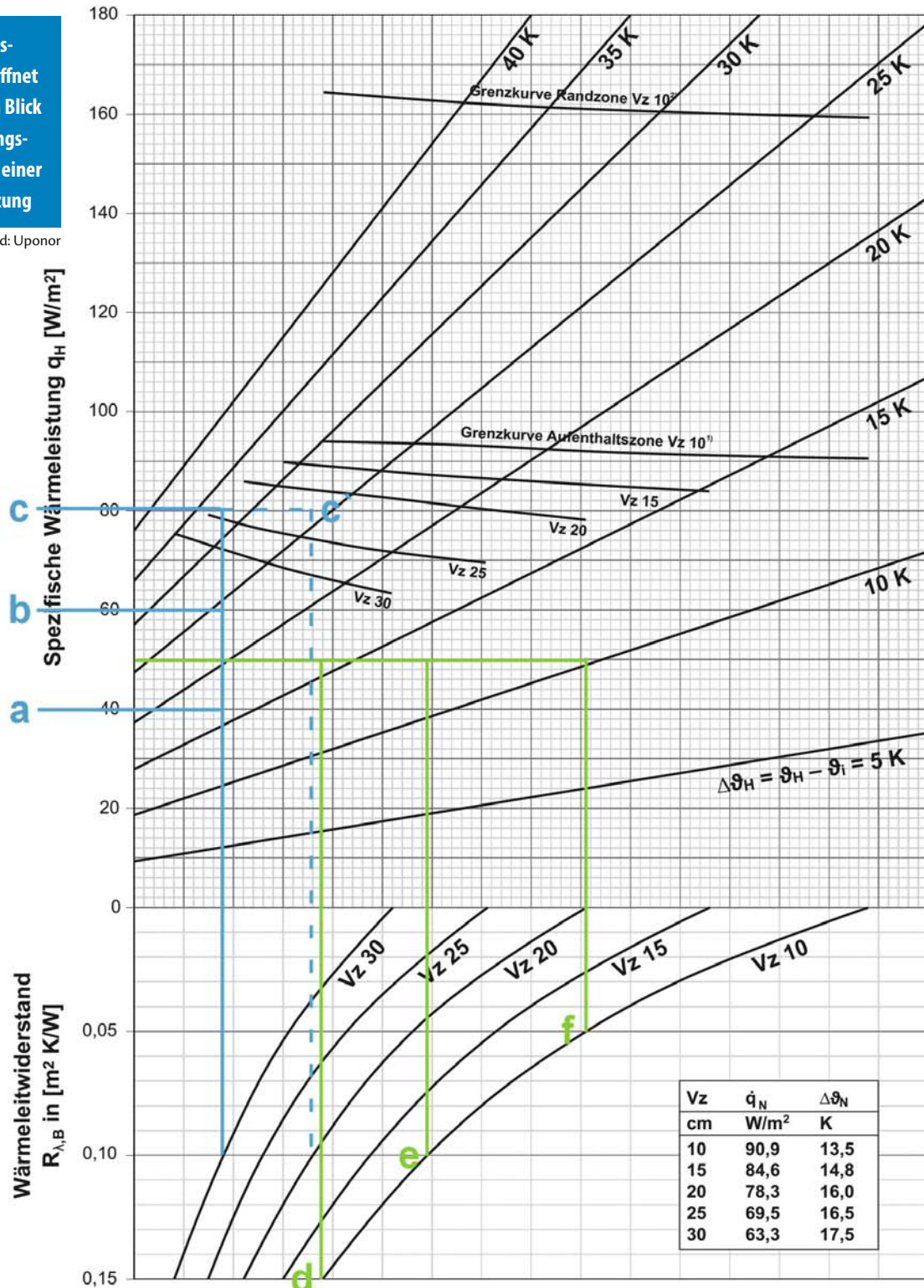
**Auch eine Fußbodenheizung muss für einen effizienten Betrieb hydraulisch abgeglichen werden. Das betrifft Verteiler und einzelne Heizkreise gleichermaßen**

## Uponor Tecto Auslegungsdiagramme

Auslegungsdiagramm Heizen für Uponor Tecto mit Comfort Pipe PLUS 14 x 2 mm  
 Lastverteilschicht Zementestrich mit VD 450/550N  
 ( $s_{\ddot{u}} = 30$  mm mit  $\lambda_{\ddot{u}} = 1,2$  W/mK)

Ein Auslegungsdiagramm eröffnet den gesamten Blick auf die Leistungscharakteristik einer Fußbodenheizung

Bild: Uponor



1) Grenzkurve gilt für  $\theta_i$  20 °C und  $\theta_{F, \max}$  29 °C sowie für  $\theta_i$  24 °C und  $\theta_{F, \max}$  33 °C

2) Grenzkurve gilt für  $\theta_i$  20 °C und  $\theta_{F, \max}$  35 °C

## DISKUSSION UND AUSWERTUNG

### Zu Auslegung a):

Da steht in der Übersetzung: Wenn du  $40 \text{ W/m}^2$  forderst bei den gegebenen Bedingungen, benötigst du eine Heizmittelüber-temperatur von rund 17 K. Wenn also der Raum auf  $20^\circ\text{C}$  beheizt wird, musst du im Mittel 17 K darüber liegen, also bei  $37^\circ\text{C}$ .

### Zu Auslegung b):

Wenn du  $60 \text{ W/m}^2$  forderst, brauchst du eine Heizmittelüber-temperatur von fast 25 K, also im Mittel  $45^\circ\text{C}$ .

### Zu Auslegung c):

Wenn du  $80 \text{ W/m}^2$  forderst, brauchst du eine Heizmittelüber-temperatur von ca. 33 K, also im Mittel  $53^\circ\text{C}$ . Und bitte beachte, du liegst über der Grenzkurve für eine Aufenthaltszone. Das wird im Zweifel zumindest stellenweise zu heiß an den Füßen deiner Kunden. Wenn  $80 \text{ W/m}^2$  gefordert sind, musst du in diesem Beispiel schon auf eine engere Teilung wechseln. Vz 20 ist angesagt und bringt die geforderte Leistung bei einer Heizmit-telüber-temperatur von nur noch 26 K, also im Mittel bei  $46^\circ\text{C}$ .

### Fazit für die Auslegung von a) bis c) ist:

Nur bei geringer Leistungsanforderung, wie im Beispiel mit  $40 \text{ W/m}^2$  bei  $37^\circ\text{C}$ , kann man mit geringen Temperaturen arbeiten. Hohe Leistungen fordern hohe Vorlauftemperaturen, wie im Beispiel mit  $80 \text{ W/m}^2$  bei  $53^\circ\text{C}$ . Reduziert man jedoch den Verlegeabstand, kann man hohe Leistungen auch bei geringen Übertemperaturen erreichen.

### Zu Auslegung d):

Da steht in der Übersetzung: Wenn du  $50 \text{ W/m}^2$  forderst und dein Oberboden einen hohen Wärmeleitwiderstand besitzt

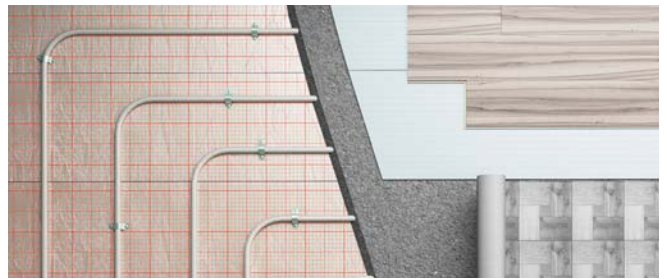


Bild: NosUA / thinkstock

### Endlich die Fußbodenheizung freigelegt und im Lichte der Erkenntnis

( $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), musst du schon mit 16 K Übertemperatur ran-gehen, also mit  $36^\circ\text{C}$  im Mittel.

### Zu Auslegung e):

Wenn du  $50 \text{ W/m}^2$  forderst und dein Oberboden einen mitt-leren Wärmeleitwiderstand besitzt ( $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), brauchst du eine geringere Übertemperatur von nur noch 13 K. Daher reicht es mit  $33^\circ\text{C}$  im Mittel.

### Zu Auslegung f):

Wenn du  $50 \text{ W/m}^2$  forderst und dein Oberboden einen sehr geringen Wärmeleitwiderstand besitzt ( $0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), brauchst du nur noch 10 K Übertemperatur. Daher reicht es mit  $30^\circ\text{C}$  im Mittel.

### Fazit für die Auslegung d) bis f) ist:

Der Wärmeleitwiderstand des Oberbodens hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Leistungsabgabe einer Fuß-bodenheizung. Im Zweifel rechnet man daher mit einem Wert von  $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$  oder fragt genau nach, ob Teppich oder Fliese berücksichtigt werden soll.

## LETZTE GROSSE ERKENNTNIS

An der Übertemperatur sieht man deutlich den Effekt der Temperaturen für eine Fußbodenheizung. Dabei ist natür-lich die Starttemperatur, also der Vorlauf, eine Größe, die wir SHK-Profis vorgeben. Abhängig vom Wärmeerzeuger legen wir beispielsweise  $50^\circ\text{C}$  für ein Brennwertgerät fest und nur  $35^\circ\text{C}$  für einen Wärmepumpe. Auf die Rücklauf-temperatur nehmen wir Einfluss, wenn wir den Volumenstrom eines ein-zelnen Kreises bestimmen. Ein langsamer, weil geringer Strom kühlt auf dem Weg durch die Rohrschlange der FBH schneller ab als ein schneller, üppiger Strom. Das bedeutet letztlich, dass in diesem Diagramm auch die Hydraulik berücksichtigt wird. Die **Spreizung** zwischen Vor- und Rücklauf gepaart mit dem Massenstrom ergibt die Leistung, denn  $Kuhistgleiche\ mal\ c\cdot\Delta\theta$ . Und damit sind wir wieder bei einer der ewigen Wahrheiten der Heizungstechnik. Die Fußbodenheizung bildet natürlich keine Ausnahme und reiht sich als Gesamtkunstwerk ein. Der hydraulische Abgleich ist daher eine unbedingt not-wendige Maßnahme für die korrekte Funktion aller Kreise.



## AUTOR



**Dipl.-Ing. (FH) Elmar Held ist verantwortlicher Redakteur des SBZ Monteur. Er betreibt ein TGA-Ingenieurbüro, ist Dozent an der Handwerkskammer Münster sowie öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger**  
Telefon (0 23 89) 95 10 21  
Telefax (0 23 89) 95 10 22  
held@sbz-online.de  
www.ingenieurbueroheld.de