

... DIE AUSLEGUNG EINER FUSSBODENHEIZUNG?

Ein Estrich voller Rätzel



Noch vor zwanzig Jahren kannte man in SHK-Fachkreisen die Funktion und Auslegung von Fußbodenheizungen zumindest in den Ansätzen. Heute scheint das Wissen hierüber verschüttet worden zu sein. Daher dieser Bericht mit ausführlichen Hinweisen und Tipps für Besserwisser.



Das Verlegen einer Fußbodenheizung ist die eine Sache. Aber wie sieht es aus mit den Einflüssen der einzelnen Komponenten und Betriebsparameter?

Zuerst soll kurz ausgeholt werden, warum das Wissen über die Auslegung von Fußbodenheizungen (FBH) nicht mehr sehr präsent ist:

Erster Grund:

Der ➔ **Computersoftware** und Apps übernehmen durch gezielte Abfragen und vielfältige standardisierte Vorschläge die Denkarbeit der Auslegung und rechnen abschließend auch genau aus, was denn wohl an Material bestellt werden sollte.

Zweiter Grund:

Die Hersteller sind sehr oft bereit bei der Auslegung einer FBH die Planung zu übernehmen. Der Handwerker schickt Pläne des Grundrisses eines Hauses und Angaben über die U-Werte der Gebäudehüllflächen und bekommt die fertigen Verlegpläne zurück.

In der Regel zweifelt niemand mehr die Richtigkeit der Verlegpläne oder der vorausgegangenen Computerberechnungen an. Die Zusammenhänge stellt daher kaum noch einer freiwillig her. Ober haben Sie schon mal in der Mittagspause über den Einfluss des Oberbodenbelages auf die Leistung einer FBH diskutiert?

Stellt sich die Frage dann noch, ob das Nichtwissen denn nachteilig ist, für den Bau und den Betrieb der gesamten FBH-Anlage. Wir verstehen ja schließlich auch nicht jede Kleinigkeit eines GPS-Empfänger, können aber mit dem Navi umgehen.

Wir von der Redaktion meinen dass das Grundwissen hilfreich ist. Wir bauen keine Autos am Fließband und unter fast genormten äußeren Umständen in einer Montagehalle. Wir liefern Bauleistungen aus einer Verschmelzung vieler Gewerke. Wie empfindlich reagiert da ein System aus Kunststoffrohren, wenn Verlegeabstände nicht ganz so genau eingehalten werden, der Estrich dann doch etwas dicker ausgeführt wird als geplant oder im Betrieb der Volumenstrom nicht sauber einreguliert wird? An welchen Rädchen kann man nachher noch stellen, wenn es doch eng geworden ist. Okay, genug Thesen und Fragen: Schauen wir uns das FBH-Wirken an.

STANDARDS

Üblich ist in Deutschland die ➔ **Nassverlegung von FBH**. Das später heizwasserführende Rohr wird dabei auf ein System von Dämmung und Halterungen befestigt und anschließend mit Estrich überdeckt. Der zähe bis pastöse Estrich umschließt das Rohr beim nassen Einbringen, was letztlich zu einer guten Wärmeübertragung führt. Denn am Ende leitet ja der Estrich die Heizungswärme an den Oberboden aus Fliesen, Laminat, Parkett oder Teppich.



Bild: brizmaker/thinkstock

Bei der typischen Nassverlegung einer Fußbodenheizung umfließt der Estrich das Heizungsrohr und gewährleistet so die spätere flotte Wärmeübertragung

Den Estrich kann man nach Bedarf veredeln. Um später hohe Lasten aufbringen zu können oder eine kurze Aushärtungszeit zu erreichen lassen sich entsprechende Estrichkomponenten verarbeiten. Gegenüber einem Standard von 45 Millimeter an Estrichüberdeckung lassen sich durch Hinzugabe von Estrichkomponenten auch dünnere Schichten mit gleicher Tragkraft realisieren. Meist verdichten solchen Mittelchen den Estrich. Das macht ihn fester und nebenbei auch leitfähiger. In letzte Konsequenz kann eine FBH dann flotter regelbar sein, weil weniger Gewicht aufgeheizt werden muss oder der U-Wert einfach günstiger ist für eine Wärmeleitung.

AUSLEGEN DURCH ZIELVORGABE

Wie im echten Leben ist es wichtig das Ziel zu kennen um letztlich auch dort anzukommen. Bei der Auslegung einer FBH lässt sich das Ziel mittels einer ➔ **Heizlastberechnung** bestimmen. Das bedeutet, dass man zuerst über die Hüllflächen eines Raumes und über das Raumvolumen errechnet, welche Leistung denn wohl im Auslegungsfall notwendig sein wird um den Raum warm zu kriegen. Bei -12 °C Außentemperatur sollten beispielsweise immer noch 20 °C in einem Raum erreicht werden. Hieraus lässt sich eine sogenannte spezifische Heizlast errechnen. Spezifisch hört sich wichtig an, meint aber einfach nur, dass man die gesamte Heizlast des Raumes auf die auslegbare Fläche einer FBH umrechnet. Anhand eines Beispiels wird dies sehr leicht klar:

Ein Raum mit 20 Quadratmeter Grundfläche hat eine Heizlast nach DIN EN 12831 von genau 1100 Watt.

Will man nun wissen, welche Leistung pro Quadratmeter eine Fußbodenheizung leisten müsste um den Raum zu erwärmen, so erhält man über die Beziehung 1100 Watt geteilt durch 20 Quadratmeter, also $1100 \text{ W} / 20 \text{ m}^2$ einen Wert von 55 W/m^2 .

Die spezifische Wärmeleistung beträgt also für den Beispielraum 55 W/m^2 .

Würde im Auslegungsfall jeder Quadratmeter der Bodenfläche 55 Watt Wärmeleistung liefern, so würde die Heizlast vollständig abgedeckt. Sie können diese Anforderung in der tabellarischen

Lösung zur Auslegung auf der Seite 15 nachvollziehen.

Man kann also einfach festhalten, dass zuerst ein Ziel formuliert werden sollte um eine Vorstellung von der zu erreichenden Heizleistung zu haben.

OFFENSICHTLICHES

Im Betrieb soll durch ein vom Estrich umschlossenes Rohr eine Wärmeleistung an den Raum abgegeben werden. Da leuchtet es ein, dass folgende sogenannte Parameter einen Einfluss haben werden, auf die zu erwartende Heizleistung der fertigen Fußbodenheizung.

Rohrart

Handelt es sich um ein „dickes“ oder eher „dünn“ Rohr? Leitet der Werkstoff des Rohres die Wärme sehr gut oder nur mittelmäßig? Wie rau ist das Rohr von innen? Nur anhand der hier beschriebenen Unterscheidungen will man eher nicht an einen großen Einfluss glauben. Belebt man diese Eigenschaften mit beispielhaften Hintergründen, kann man jedoch schnell Schlüsse ziehen.

Dick oder dünn?

Ein „dickes“ Rohr mit 17 mm Außendurchmesser bietet dem Estrich mehr Fläche zur Wärmeübernahme pro laufenden Meter ($533,8 \text{ cm}^2$) als ein „dünn“ Rohr mit nur 12 mm ($376,8 \text{ cm}^2$).

Kupfer mit einer Wärmeleitfähigkeit von 400 W/(mK) leitet Wärme besser als Polyethylen mit nur $0,035 \text{ W/(mK)}$.

Kupferrohr mit einer inneren Rauigkeit von 0,0015 mm verhält sich gegenüber dem Heizwasser anders als Polyethylen mit der Rauigkeit von 0,007 mm.

Vergleicht man diese Unterschiede in den einzelnen Werten, so erkennt man zumindest, dass man nicht sämtliche Rohrarten über einen Kamm scheren kann wen es um eine FBH geht. Die Entscheidung für den jeweiligen Rohrwerkstoff fällt oft aufgrund der Erfahrungen die der Chef bereits gesammelt hat und natürlich abhängig vom Preis des gesamten Systems.

Teilung oder auch Verlegeabstand

Ein offensichtlicher und sehr wichtiger Faktor ist die Teilung, also der Abstand der auf dem Boden fixierten Rohrleitungen zueinander.

Klar, wenn in einem Abstand von nur 10 cm Rohre zueinander verlegt sind, ist die Leistung höher als bei einem Abstand von 30 cm.

Enge Verlegung sorgt für hohe Leistung, aber logischerweise auch gleichzeitig für höhere Baukosten. Ein Raum mit 20 m² Fläche und einem Verlegeabstand von 30 cm ist bereits mit 66,7 Meter Rohr ausgelegt, während dieser bei einer Teilung von 10 cm ganze 200 Meter Rohr benötigt.

Bodenbelag

Wird eine FBH erstellt, soll naturgemäß die Wärme vom Boden kommen. Ist dieser Boden aber mit einem dicken Teppich als letzte Schicht zwischen Estrich und Raum quasi gedämmt, ist der Wärmefluss verzögert. Ideal wäre eigentlich bei einer Fußbodenheizung ein Bodenbelag mit geringem Wärmedurchlasswiderstand wie etwa eine dünne Fliese mit 0,015 m²K/W und nicht etwa ein dicker Teppich mit einem Wert von 0,15 m²K/W. Da der Anlagenmechaniker nicht immer Einfluss hat auf den Bodenbelag kann man natürlich Annahmen treffen. Üblich und durch Hersteller empfohlen wird daher bei unbekanntem Verhältnissen die Annahme mit dem dicken Teppich, also einem Wert von 0,15 m²K/W.

Vorlauftemperatur

Wie bei jeder anderen Heizung auch, ist die Vorlauftemperatur entscheidend für die Auslegung.

Bei den üblichen Verhältnissen ist diese für eine FBH nach oben begrenzt bei ca. 55 °C. Würde man höhere Temperaturen zulassen, so könnte man gegebenenfalls nicht mehr die maximal zulässigen Oberflächentemperaturen von 29 °C in Aufenthaltszonen einhalten.



Kann passieren: Nach der eigentlichen Verlegung des Parketts wird zusätzlich noch ein Teppich verlegt. Eine Fußbodenheizung knickt dadurch in der Leistung natürlich ein

Wichtiger als die Maximaltemperatur ist allerdings die kleinste Temperatur mit der man eine Fußbodenheizung bedient. Im Zusammenhang mit der Nutzung von **Wärmepumpen** und den Vorgaben des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) hat sich der Ehrgeiz unter den SHK-Kollegen entwickelt und verbreitet, Wärmepumpen mit Vorlauftemperaturen bis 35 °C zu betreiben. Das ist dann schon eine heikle Nummer jeden Raum eines Hauses erwärmen zu können mit einer so niedrigen Startvorgabe. Man denke nur mal an ein Badezimmer dass ja immerhin auf 24 °C erwärmt werden möchte und dessen Heizungswasser dann ja nur 11 Grad wärmer einströmt als die Raumtemperatur. In der Praxis ist das meist sehr sportlich und wird ohne Unterstützung eines zusätzlichen Badheizkörpers nicht möglich sein. Übrige Räume mit meist nur 20 °C Raumtemperatur als Vorgabe lassen sich oft in der Kombination Wärmepumpe und FBH ausreichend erwärmen.

Bewährte Grenzwerte

Für gewöhnlich lässt man die maximalen Längen eines einzelnen Kreises einer Fußbodenheizung nicht beliebig lang werden. Der eben beschriebene Raum von 20 m² Fläche mit einer Teilung von 10 cm würde in der Praxis auf mindestens zwei Kreise gesplittet. Jeder Kreis wäre dann immer noch 100 Meter lang, aber diese Länge ist beherrschbar. Eine häufig gewählte maximale Länge beträgt 120 m für eine konventionelle FBH. Eine weitere Grenze beschränkt die maximale Druckdifferenz eines jeden einzelnen Kreises auf 300 mbar. Klar, man könnte auch Pumpen bekommen, die mehr als das



Klar, solch ein hochwertiges Bad wird auch mittels Fußbodenheizung beheizt. Aber das kann im Einzelfall auch sehr sportlich sein. Oft wird daher ein Handtuchwärmekörper zusätzlich installiert

drücken, aber die müssen diesen enormen Druck dann die nächsten 30 Jahre aufbringen. Legt man „zahmer“ aus, kann die Pumpe kleiner ausfallen und benötigt während des gesamten Betriebszeitraumes weniger Antriebsenergie. Es ist also auch eine Frage der Baukosten gegenüber den anschließenden Betriebskosten, für welche Druckdifferenzen in den einzelnen Kreisen man die Anlage konzipiert.

Normative Grenzwerte

Nach DIN EN 1264 gibt es glücklicherweise Grenzen in Bezug auf die Oberflächentemperatur bei Betrieb einer Fußbodenheizung. Diese liegt für eine Aufenthaltszone bei 29 °C. Aufgrund dieser begrenzten mittleren Temperatur ist dann auch die Leistung einer FBH faktisch begrenzt. Aufenthaltszonen können maximal eine Heizleistung von 100 Watt pro Quadratmeter liefern. Das Zusammenspiel von 29 °C Oberflächentemperatur zu 20 °C Raumtemperatur gibt ziemlich genau diesen Wert her. Es ist dabei völlig egal, ob ein Kupferrohr im Estrich verbuddelt liegt oder PE-Rohr. Es spielt keine Rolle ob man als Wärmeerzeuger eine Wärmepumpe mit nur 35 °C im Vorlauf einsetzt oder einen Pellet-Ofen mit 70 °C. Die Begrenzung der Oberflächentemperatur ist fix. Die soll natürlich nur als absolute Obergrenze im Auslegungsfall erreicht werden. Faktisch ist es so, dass moderne Häuser die eben zitierten 100 W/m² gar nicht benötigen, sondern eher um die 40 W/m². Dann dümpeln die Oberflächentemperaturen im Auslegungsfall, also beispielsweise bei -12 °C



DICTIONARY

Fußbodenheizung	=	underfloor heating
Verlegeplan	=	layout drawing
Fachkreise	=	circles of experts
Obergrenze	=	cutoff

nur noch bei 24 °C rum. In Altbauten mit hohen spezifischen Leistungsanforderungen werden noch die entsprechend hohen Vorlauftemperaturen bis 29 °C aufgerufen.

Ausnahmen für die genannte Temperaturbegrenzung bilden die sogenannten Randzonen von maximal ein Meter Breite. Hier dürfen 35 °C erreicht werden. Die spezifischen Leistungen liegen dann auch schon mal bei 160 W/m². Randzonen kann man bei Bedarf beispielsweise an bodentiefen Fenstern installieren. Meist werden diese als separate Kreise mit engem Verlegabstand realisiert.

Eine weitere Ausnahme ist naturgemäß das Bad eines jeden Hauses, das ja auf 24 °C beheizt werden will. Würde man dort mit 29 °C an der Oberfläche operieren, so wäre die Leistung durch die nur noch 5 Kelvin Differenz (29 °C – 24 °C) sehr eingeschränkt. Sinnigerweise darf ein Bad auch Oberflächentemperaturen von 33 °C bieten. Auf diese Weise könnte wiederum in der Spitze 100 W/m² erreicht werden.

DAS ZUSAMMENSPIEL

Als Anlagenmechaniker bringt man nun diese genannten Parameter in eine ausgewogene Balance. Hohe spezifische Leistungen erreicht man durch enge Verlegeabstände und/oder hohe Vorlauftemperaturen. Ist beides ausgereizt oder vom System aus begrenzt, dann kommt der letzte große Einfluss zum Tragen. Man kann das Heizwasser langsam oder schnell durchs Rohr treiben. Hohe Strömungsgeschwindigkeiten führen zu einer geringen Abkühlung und damit zu einer hohen mittleren Temperatur der verlegten Heizschlangen.

Klassische Beispiele:

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

$\vartheta_{F,m}$ [°C]	q_{des} [W/m ²]	$\vartheta_{V,des} = 55 \text{ °C}$		$\vartheta_{V,des} = 50 \text{ °C}$		$\vartheta_{V,des} = 45 \text{ °C}$	
		Vz [cm]	$A_{F,max}$ [m ²]	Vz [cm]	$A_{F,max}$ [m ²]	Vz [cm]	$A_{F,max}$ [m ²]
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

Die Angaben in diesen Auslegungstabellen basieren auf folgenden Eckdaten: $R_{s,b} = 0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$, $\vartheta_i = 20 \text{ °C}$, Betondecke 130 mm, Spreizung = 3 - 30 K, max. Heizkreislänge = 150 m max. Druckverlust pro Heizkreis inkl. 2 x 5 m Anbindungsleitung $\Delta p_{max} = 250 \text{ mbar}$.

Drei Ablesebeispiele zur Auslegung einer Fußbodenheizung zeigen die Zusammenhänge:

Bei einer geforderten spezifischen Heizlast von 55 W/m² benötigt man entweder einen Verlegabstand von 30 cm bei 55 °C im Vorlauf oder 25 cm bei 50 °C oder 15 cm bei 45 °C

Die mittlere Oberflächentemperatur liegt jeweils bei ca. 25,2 °C



Bild: AlexRaths / thinkstock

Die übliche computergestützte Auslegung einer Fußbodenheizung weist abschließend auch die Volumenströme für den hydraulischen Abgleich aus. Die zweifelt kaum einer an. Aber blickt überhaupt noch jemand durch?

Zwei absolut gleiche und hochwärmedämmte Wohnhäuser werden jeweils mittels FBH beheizt. In einem Wohnhaus ist eine Pelletheizung (PEL-Haus) im anderen eine Wärmepumpe (WP-Haus) installiert. Das PEL-Haus könnte systembedingt problemlos mit 50 °C beheizt werden. Daher kann die eingebaute Fußbodenheizung eine große **Spreizung** vertragen. Selbst wenn sich das Heizwasser von 50 auf 40 °C abkühlt, werden die Räume noch warm, denn die mittlere Temperatur läge dann immer noch bei sehr hohen 45 °C. Es wären großzügige, weite Verlegabstände der FBH möglich.

Im WP-Haus hingegen würden nur 35 °C zur Beheizung bereitgestellt. Eine große Spreizung ist folglich nicht mehr möglich. Selbst bei sehr geringen Verlegeabständen dürfte sich das Wasser kaum mehr als auf 30 °C abkühlen. Dann würde die mittlere Temperatur gerade noch 32,5 °C betragen und dürfte vielleicht ausreichen zur Beheizung. Zusammenfassend kann man also festhalten, dass großzügige Verlegeabstände möglich sind, wenn die spezifische Heizlast (in Watt pro Quadratmeter) gering ist oder wenn eine hohe Vorlauftemperatur vorliegt. Niedrige Vorlauftemperaturen erzwingen meistens kleine Verlegabstände und gleichzeitig geringe Spreizungen. ■