



Der Einfluss des Bodenbelagklebstoffs auf die Leistung eines Fußbodenheizungssystems

Erstellt von der Technischen Kommission Bauklebstoffe (TKB) im
Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf

Zusammenfassung

Geklebte Bodenbeläge und Parkett leiten Wärme besser als schwimmend verlegtes Material. Bei Designbelägen wird der Wärmedurchlasswiderstand um ca. 0,026 K m²/W, bei 3-schichtigem Parkett (2,5 mm Nutzholz Oberbelag, HDF Mittellage, Gegenzug aus nordischer Fichte (Furnier), insgesamt 13 mm) um 0,023 K m²/W verbessert. Bei gleicher Wärmeleistung kann damit die Vorlauftemperatur der Heizung um 2 .. 3 °C niedriger gefahren werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	2
2. Die DIN EN 1264 und Bodenbeläge	2
3. Durchführung der Messungen	3
3.1 Aufbau ohne Belag (Zementestrich mit Fußbodenheizung).....	4
3.2 Designbelag	4
3.3 Parkett	4
4. Ergebnisse der Messungen	5
5. Diskussion.....	5

1. Einführung

Fußbodenheizungen gibt es schon sehr lange; schon die Römer installierten sie in ihren Villen in den nördlichen Ländern ihres Imperiums. Seit der Ölkrise im vergangenen Jahrhundert, den daraus erwachsenen Energiesparanstrengungen, die insbesondere auch den Einsatz von Wärmepumpen vorsahen, hat die Fußbodenheizung eine Renaissance erlebt. Wärmepumpen erreichen in der Regel deutlich niedrigere Vorlauftemperaturen als konventionelle Heizungen. Um hinreichend Wärme in den Raum einzutragen, wird ein Heizelement mit großer Fläche benötigt; es liegt nahe, dafür den Boden, oder seltener die Wände, zu nutzen¹.

Die Auslegung von Fußbodenheizungen als eine Möglichkeit eines „Raumflächenintegrierten Heiz- und Kühlsystems“ wird dabei heute in der Normenreihe DIN EN 1264-1 bis 5² beschrieben. Der Einfluss des Bodenbelags wird in dieser Normenreihe berücksichtigt. Die häufig gestellte Frage, wie eine geklebte oder schwimmende Verlegung des Bodenbelags die Leistung des Heizungssystems beeinflusst, bleibt aber unbeantwortet.

Sucht man in den üblichen Quellen (Fachbüchern, -magazinen, Internet) nach Informationen über den Einfluss der Verlegeart, findet man regelmäßig den qualitativen Hinweis, dass eine Klebung des Bodenbelages den Wärmetransport verbessert. Eine quantitative Beschreibung findet man jedoch nicht. Daher sollen hier Testergebnisse vorgestellt werden, die die Unterschiede der beiden Verlegearten für 2 Arten von Bodenbelägen quantifizieren.

2. Die DIN EN 1264 und Bodenbeläge

Im Grundsatz eröffnet die

DIN EN 1264-2:2013-03; Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 2: Fußbodenheizung; Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung unter Benutzung von Berechnungsmethoden und experimentellen Methoden; Deutsche Fassung EN 1264-2:2008+A1:2012;

die Möglichkeit, die Wärmeleistung von Fußbodenheizungen durch Berechnung oder Prüfung zu ermitteln. In Kapitel 1 dieser Norm wird weiter ausgeführt: „Das

¹ W. Böhl, Estrichgeschichte, Holzmann Medien, Wörishofen 2017., S.257ff.

² DIN EN 1264 umfasst 5 Teile:

- DIN EN 1264-1:2011-09; Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 1: Definitionen und Symbole; Deutsche Fassung EN 1264-1:2011
- DIN EN 1264-2:2013-03; Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 2: Fußbodenheizung; Prüfverfahren für die Bestimmung der Wärmeleistung unter Benutzung von Berechnungsmethoden und experimentellen Methoden; Deutsche Fassung EN 1264-2:2008+A1:2012

- DIN EN 1264-3:2009-11; Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 3: Auslegung; Deutsche Fassung EN 1264-3:2009
- DIN EN 1264-4:2009-11; Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 4: Installation; Deutsche Fassung EN 1264-4:2009
- DIN EN 1264-5:2009-01; Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 5: Heiz- und Kühlflächen in Fußböden, Decken und Wänden – Bestimmung der Wärmeleistung und der Kühlleistung; Deutsche Fassung EN 1264-5:2008

Berechnungsverfahren ist auf Systeme anwendbar, die den Definitionen nach EN 1264-1 (Typ A, Typ B, Typ C, Typ D) entsprechen. Bei Systemen, die diesen Definitionen nicht entsprechen, ist das experimentelle Verfahren anzuwenden“.

Die in DIN EN 1264-1 definierten Typkonstruktionen (Kapitel 3.1.6 und Bilder A.1 bis A.4) enthalten alle nur einen „Bodenbelag“ als oberste Schicht und darunter direkt die „Last- und Wärmeverteilschicht (Estrich)“. Für den Bodenbelag kann ein spezifischer Wärmeleitwiderstand eingesetzt werden, eine Differenzierung nach „geklebt“ oder „lose verlegt“ mit zusätzlichem Klebstoff-Wärmeleitwert bzw. „Spalt“-Wärmeübergangswiderstand findet aber nicht statt. Das in DIN EN 1264-2, Kap. 6, beschriebene Rechenverfahren berücksichtigt diesen Punkt nur generisch; bspw. wird in Kapitel 6.2 für die Estrichtypen „Typ A und C“ der Beitrag der Oberbodenkonstruktion im „Fußbodenbelag Faktor a_B “ nach Gleichung (5) wie folgt bestimmt:

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

Dabei ist:

- α = 10,8 W/(m²K); der für alle Situationen gleiche Wärmeübergangskoeffizient
- $1/\alpha$ = 0,0926 m²K/W;
- $s_{u,0}$ = 0,045 m³
- $\lambda_{u,0}$ = 1 W/(m K)³
- λ_E = die Wärmeleitfähigkeit des Estrichs, in W/(m K)
- $R_{\lambda,B}$ = der Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelages, in m² K / W

Physikalisch können um den Bodenbelag zwei Wärmeübergangskoeffizienten auftreten:

- a) Zwischen Estrich und Bodenbelag, sofern ein Luftspalt vorhanden ist
- b) Zwischen Bodenbelag und der Raumluft.

Für die o. g. Formel wird offenbar angenommen, dass zwischen Estrich und Belag kein wesentlicher Luftspalt vorliegt, $1/\alpha = 0$.

Durch das in der DIN EN 1264-2 in Kapitel 9 aufgeführte Messverfahren kann der tatsächlich vorhandene Effekt jedoch gemessen werden.

3. Durchführung der Messungen

Es wurden Messungen an Testsystemen in Anlehnung an DIN EN 1264-2: 2009 ohne Belag, mit einem Mehrschichtparkett (Bild 1) und einem Designbelag (Bild 2), jeweils geklebt und schwimmend, durchgeführt. Für die Messungen wurde das Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE) der Universität Stuttgart beauftragt⁴. Die Prüfungen fanden 2019 statt.

Bild 1



Testsystem Mehrschichtparkett im Prüfstand (schwimmend)

Bild 2



Testsystem Designbelag im Prüfstand (geklebt)

³ Die Symbole $l_{u,0}$, $s_{u,0}$ werden weder in DIN EN 1264 Teil 1 noch Teil 2 benannt, es werden lediglich Werte dafür angegeben.

⁴ Universität Stuttgart – Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE), Pfaffenwaldring 35, 70569 Stuttgart, „Experimentelle Ermittlung der Wärmestromdichte einer Fussbodenheizung (Sonderkonstruktion) in Anlehnung an DIN EN 1264“; 4 Prüf-

muster mit 4 Prüfberichten, Prüfbericht Nummern: L.1910.P.519.UZI, L.1910.P.520.UZI, L.1910.P.521.UZI, L.1910.P.522.UZI, sowie 2 Prüfberichte „Aufbau ohne Oberbelag, Rohre in Systemplatte eingebettet“ mit den Prüfbericht Nummern: L.1910.P.517.UZI und L.1910.P.518.UZI, alle mit Datum 28. Okt. 2019

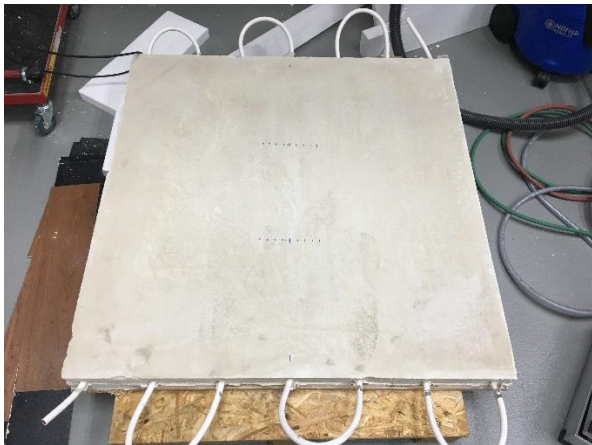
Für alle Messungen wurde ein Testaufbau mit folgenden Materialien erstellt:

Rohre	Verbundrohr, (Wieland cuprotherm, 14 mm)
Rohrabstand	150 mm
Rohrfixierung	Systemplatte
Estrichmaterial	Estrichmörtel UZIN SC 997
Überdeckung der Rohre	45 mm
Prüflingsfläche	1 m ² (= 1 m * 1 m)
Masterdämmplatten	Mit $R_{\text{DB}} = 0,14$ und $R_{\text{F}} = 0,09$ m ² K/W

3.1 Aufbau ohne Belag (Zementestrich mit Fußbodenheizung)

Wie oben bereits beschrieben werden für die Messungen der Differenztemperatur und des Wärmestroms die Masterdämmplatten verwendet. Es wurden 2 Prüfmuster angefertigt und untersucht: Prüfmuster 1 und Prüfmuster 2 (Bild 3). Naturgemäß sind diese beiden Prüfmuster nicht identisch und zeigen leichte Unterschiede bei den Messwerten. Dies ist wichtig zu beachten, da für die Messungen am Designbelag Prüfmuster 1 und 2 verwendet werden, während für die Messungen am Parkett nur Prüfmuster 2 als Basis verwendet wird.

Bild 3

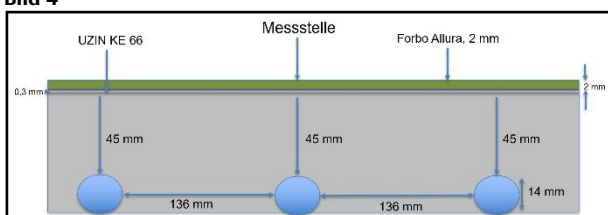


Prüfmuster 2

3.2 Designbelag

Aufbau: geklebt (Bild 4):
 Basis: Prüfmuster 1
 Belag: Forbo Allura Dryback Designbelag (Dicke: 2 mm, Wärmeleitfähigkeit: 0,25 W/m.K nach EN 14041: 2004/AC:2006,
 Klebstoff: Uzin KE 66, Dicke ca. 0,3 mm

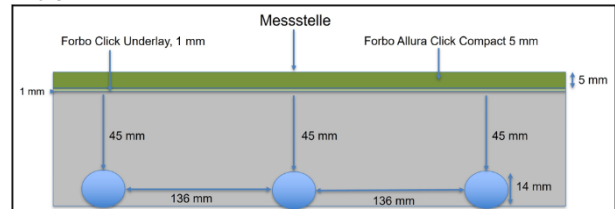
Bild 4



Aufbau Designbelag, geklebt

Aufbau: schwimmend (Bild 5):
 Basis: Prüfmuster 2
 Belag: Forbo Allura Click Compact (Dicke: 5 mm, Wärmeleitfähigkeit: 0,25 W/m.K nach EN 14041: 2004/AC:2006)
 Unterlage: Forbo Click Underlay, Dicke ca. 1 mm, Wärmedurchlasswiderstand nach EN 12664: 0,01 m² K/W

Bild 5

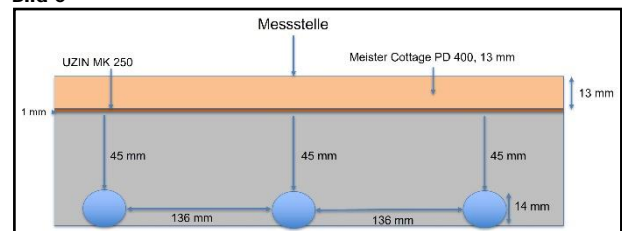


Aufbau Designbelag, schwimmend

3.3 Parkett

Aufbau: Geklebt (Bild 6)
 Basis: Prüfmuster 2
 Belag: Meister Cottage PD 400, 13 mm
 Klebstoff: Uzin MK 250, ca. 1 mm

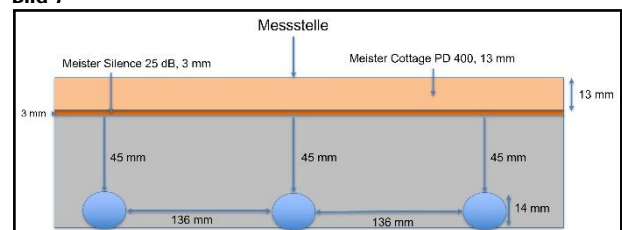
Bild 6



Aufbau Mehrschichtparkett, geklebt

Aufbau: Schwimmend (Bild 7)
 Basis: Prüfmuster 2
 Belag: Meister Cottage PD 400, 13 mm
 Unterlage: Meister Silence 25 dB, 3 mm Differenz

Bild 7



Aufbau Mehrschichtparkett, schwimmend

4. Ergebnisse der Messungen

Die Messergebnisse und eine Auswertung finden sich in den nachfolgenden 3 Tabellen:

Tabelle 1: Daten für die Estrich-Prüfmuster

Muster			Prüfmuster 1	Prüfmuster 1		Prüfmuster 2	Prüfmuster 2	
Masterdämmplatten ($R_{i,B} = 0,14$ und $R_{i,c} = 0,09$ m^2K/W)			ohne	mit		ohne	mit	
Name	Symbol / Bezeichner	Einheit			Differenz			Differenz
Normtemperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum	$\Delta\theta_{H,N}$	K	17,97	31,52	13,55	18,26	31,27	13,01
Norm Wärmeleistung	q_N	W/m^2	90,9	94,5	3,6	91,4	93,4	2,0
Kennliniensteigung	$K_{H,N} = q_N / \Delta\theta_{H,N}$	$W / (m^2 K)$	5,0584	2,9968	-2,0616	5,0055	2,9858	-2,0197
Gesamter Wärmedurchlass- widerstand	$R = 1 / K_{H,N}$	$K m^2 / W$	0,1977	0,3337	0,1360	0,1998	0,3349	0,1351

Tabelle 2: Daten für die Designbeläge

Muster bzw. Aufbau			Prüfmuster 1	Geklebt		Prüfmuster 2	Schwimmend		
Belag				Forbo Allura Dryback Designbelag			Forbo Allura Click Compact		Differenz der Differenzen (= Unterschied Schwimmend / Geklebt)
Unterlage bzw. Klebstoff				Uzin KE 66			Forbo Click Underlay		
Name	Symbol / Bezeichner	Einheit			Differenz			Differenz	
Normtemperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum	$\Delta\theta_{H,N}$	K	17,97	19,04	1,07	18,26	22,14	3,88	2,81
Norm Wärmeleistung	q_N	W/m^2	90,9	91,1	0,2	91,4	93,4	2,0	1,8
Kennliniensteigung	$K_{H,N} = q_N / \Delta\theta_{H,N}$	$W / (m^2 K)$	5,058	4,785	-0,2738	5,005	4,219	-0,7869	-0,5131
Gesamter Wärmedurchlass- widerstand	$R = 1 / K_{H,N}$	$K m^2 / W$	0,1977	0,2090	0,0113	0,1998	0,2370	0,0373	0,0260
Wärmedurchlass- widerstand Belag (laut Technischem Datenblatt)	$R_{2,B}$	$K m^2 / W$		0,0080			0,0200		

Tabelle 3: Daten für Parkett

Muster bzw. Aufbau			Prüfmuster 2	Geklebt		Prüfmuster 2	Schwimmend		
Belag				Meister Cottage PD400, 13 mm			Meister Cottage PD400, 13 mm		Differenz der Differenzen (= Unterschied Schwimmend / Geklebt)
Unterlage bzw. Klebstoff				Uzin MK 250, ca. 1 mm			Meister Silence 25 db, 3 mm		
Name	Symbol / Bezeichner	Einheit			Differenz			Differenz	
Normtemperaturdifferenz zwischen Heizmittel und Raum	$\Delta\theta_{H,N}$	K	18,26	29,44	11,18	18,26	31,27	13,01	1,83
Norm Wärmeleistung	q_N	W/m^2	91,4	94,8	3,4	91,4	93,7	2,3	-1,1
Kennliniensteigung	$K_{H,N} = q_N / \Delta\theta_{H,N}$	$W / (m^2 K)$	5,005	3,220	-1,7854	5,005	2,996	-2,0090	-0,2236
Gesamter Wärmedurchlass- widerstand	$R = 1 / K_{H,N}$	$K m^2 / W$	0,1998	0,3105	0,1108	0,1998	0,3337	0,1339	0,0232
Wärmedurchlass- widerstand (Unterlage) + Belag (laut Technischem Datenblatt)	$R_{2,B}$	$K m^2 / W$		0,112			(0,01) + 0,112		

5. Diskussion

Der gesamte Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils R mit i Schichten ist die Summe der einzelnen Schichtwiderstände und ggf. Übergangswiderstände r_i :

$$R = \sum_i r_i$$

Dabei gilt weiter, dass die Einzelwiderstände der Schichten aus den Schichtdicken s_i und den material-spezifischen Wärmeleitfähigkeiten λ_i berechnet werden können:

$$r_i = \frac{s_i}{\lambda_i}$$

Bei der Auswertung der Prüfplatten 1 und 2 fällt auf, dass der gemessene Wärmedurchlasswiderstand der Masterdämmplatten mit 0,136 (Prüfmuster 1) bzw. 0,135 (Prüfmuster 2) $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$ etwas niedriger ist als der Sollwert von 0,14 $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$ (R_{S} war im Prüfaufbau = 0).

Für beide Belagsarten wurden anwendungsgleiche Bodenkonstruktionen getestet. Beim Parkett wurde für den geklebten bzw. schwimmenden Aufbau ein identischer Belag mit gleicher Dicke genutzt. Beim Designbelag wurden unterschiedliche Basen (Prüfmuster 1 und 2) verwendet, weiter lag ein Unterschied in der Schichtdicke des Belages vor:

- 2 mm beim geklebten Aufbau,
- 5 mm beim schwimmenden Aufbau

Beim schwimmenden Aufbau ist der dickere Aufbau notwendig, um eine ausreichende Stabilität des schwimmend verlegten Designbelags zu erzielen, dieser „dickere Aufbau“ erhöht den Wärmedurchlasswiderstand signifikant. Da aber der spezifische Wärmeleitwert bekannt ist, kann dies zur Berechnung des eigentlichen Untersuchungsgegenstandes (Unterschied schwimmend gegen geklebt) berücksichtigt werden. Man kann jedoch auch einwenden, dass nur der Vergleich mit der höheren Schichtdicke sinnvoll ist, da diese ja durch den schwimmenden Aufbau erzwungen wird. Dies wird daher hier so gemacht.

Der durch die Klebung erreichte Verbesserungswert liegt im Fall des Designbelages bei 0,026 ($\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$) und beim Parkett bei 0,023 ($\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$). Beim Designbelag liegt dieser Wert in der gleichen Größenordnung wie der Belag selbst, beim Parkett macht dieses ca. 20 % des Belagswiderstandes aus.

Bei annähernd gleichem Wärmestrom erlaubte die Klebung beim Designbelag eine Verringerung der Vorlauftemperatur um ca. 3 °C (davon ist ca. 1 °C der dickeren Belagsschicht geschuldet), beim Parkett um ca. 2 °C. Niedrigere Vorlauftemperaturen führen zu einem verringerten Energiebedarf und senken damit die Heizkosten. Die konkreten Einsparungen können dabei gebäudespezifisch unterschiedlich hoch ausfallen. Darüber hinaus werden die beim Auf- und Abheizen auftretenden Spannungen im Bodenaufbau deutlich reduziert.

TKB-Berichte

- behandeln wissenschaftliche Grundlagen der Fußbodentechnik,
- erläutern technische Zusammenhänge,
- geben einen Ausblick auf einen möglichen künftigen Stand der Technik,
- sind auf der Website des IVK permanent verfügbar,
- und stellen damit zitierfähige Quellen dar.

Neben TKB-eigenen Untersuchungs- und Forschungsergebnissen werden auch Publikationen und Informationen Dritter genutzt, analysiert, kommentiert und weiterentwickelt.

Alle verfügbaren TKB-Berichte
finden Sie in der jeweils aktuell gültigen Fassung unter

**www.
klebstoffe
.com**

Die Info-Plattform im Internet.

Alles Wissenswerte aus der Welt, in der wir (k)leben.