

**Vertriebs
GmbH**

Keramik-Bodenheizsystem

FMW-Vertriebs-GmbH · Daimlerstrasse 8 · 97082 Würzburg

Keramik-Bodenheizsystem
FMW-Vertriebs-GmbH

Daimlerstrasse 8
97082 Würzburg

Telefon 09 31 / 4 25 39

Telefax 09 31 / 41 35 57

E-Mail info@fmeder.de

Internet www.fmeder.de

FMW - Keramik - Bodenheizsystem

ein kleiner Leitfaden für Architekten, Planer und Heizungsbauer

- 1) Vorwort
- 2) Technische Daten
- 3) Das FMW-Flächenheizsystem
- 4) Fußbodenaufbau
 - 4.1) herkömmliche Fußbodenheizungssysteme
 - 4.2) FMW-System auf Betondecke
 - 4.3) FMW-System auf Holzbalkendecke
 - 4.4) FMW-System - normaler Aufbau
 - 4.5) FMW-System - Fußboden gegen Erdreich
- 5) Verlegearten
- 6) Oberbeläge
- 7) Wärmeleistungstabellen
- 8) Materialbedarf
- 9) Projektierung
- 10) Ausschreibungstexte (LV)

1) Vorwort:

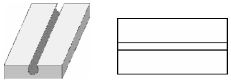
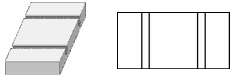
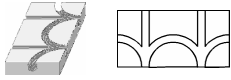
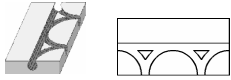
Ausschlaggebend für die Entwicklung der ***FMW-Keramik-Bodenheizung*** war das Bestreben ein Heizungssystem unter Verwendung des baubiologisch hochwertigen Materials Ziegel zu schaffen, das sowohl den wirtschaftlichen Einsatz von Niedrigtemperatur-Wärmeerzeugern ermöglicht, als auch ein Höchstmaß an Komfort und Behaglichkeit bietet.

Das Ziel der Raumbeheizung ist es, eine gleichmäßige Raumtemperatur einzuhalten.

Die Empfindungstemperatur, das arithmetische Mittel aus Raumlufttemperatur und der Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen gibt Auskunft über die thermische Behaglichkeit. Diese kann bei der ***FMW-Keramik-Bodenheizung*** niedriger gehalten werden.

Unangenehm kalte Wände bzw. hohe Oberflächentemperaturen an Heizkörpern, verbunden mit staubbeladenen Raumluftwalzen, gibt es bei der ***FMW-Keramik-Bodenheizung*** nicht.

2) Technische Daten:

Plattenmaße	Länge	Breite	Stärke	Verlegeanteil	Muster
Platten Typ A	150 mm	300 mm	35 mm	ca. 46%	
Platten Typ B	150 mm	300 mm	35 mm	ca. 46%	
Platten Typ C	150 mm	300 mm	35 mm	ca. 4%	
Platten Typ D	150 mm	300 mm	35 mm	ca. 4%	

Plattenbedarf: 22 Stück / qm

Gewicht/Verpackung:

1 Platte Typ A oder B ca. 2.7 kg

1 Platte Typ C oder D ca. 2.6 kg

1 Palette = 440 Platten = ca. 1188kg bzw. 1144 kg jeweils zuzüglich ca. 20 kg/Palette

Biegefestigkeit: (siehe auch Versuchsbericht der Landesgewerbeanstalt)

Auf PST oder PUR Trittschall- bzw. Wärmedämmplatten nach

DIN 4108	2.3 N / mm ²	(23 kp / cm ²)
Fliesen in der Zugzone	2.6 N / mm ²	(26 kp / cm ²)
Druckfestigkeit	30.0 N / mm ²	(300 kp / cm ²)
Wärmeleitzahl	0,75 W / mk	
Längenausdehnungskoeffizient	0,40 mm / m	100 / k
Rohdichte	2,11 kg / dm ³	
Wasseraufnahme	ca. 5,8 Gew. %	

3) Die FMW-Keramik-Bodenheizung

Die Flächenheizung gewinnt zur Beheizung von Neubauten sowie auch bei der Altbausanierung immer mehr an Bedeutung.

Flächenheizungen bieten allgemein eine Reihe von Vorteilen

- keine Heizkörper und Heizkörpernischen in den Außenwänden
- keine Probleme bei Raumgestaltung und Möblierung
- niedrige Heizmitteltemperaturen - dadurch geringere Wärmeverluste -
- alternative Energiequellen wie z.B. Solarabsorber, Wärmepumpen, Abwärmen können sinnvoll genutzt werden
- hoher Selbstregelleffekt bei Sonneneinstrahlung
- niedrigerer Energieaufwand als bei der Verwendung von Heizkörpern

Neben den bereits oben genannten, bietet der Einbau der *FMW-Keramik-Bodenheizung* noch folgende zusätzliche Vorteile:

- schnelle Trockenverlegetechnik, sehr geringer Feuchteintrag (der Boden kann innerhalb von 1-2 Tagen einschließlich der Verlegung des Oberbelages vollständig genutzt werden)
- schnelle Regelbarkeit und Energieausnutzung (Heizrohre liegen fast direkt unter dem verwendeten Oberbelag) – dadurch kann bei entsprechender Raumgröße komplett auf Heizkörper verzichtet werden
- keine Dehnungsfugen erforderlich, da annähernd gleicher Ausdehnungskoeffizient zwischen *FMW-Keramik-Bodenheizung* und Oberbelag bei keramischen Belagsmaterial (siehe auch Prospektabbildung 1. Seite - Rathaus Dettelbach (Kreis Kitzingen) ca. 300 qm)
- keine Neigung zu Spannungsrissen
- geringe Aufbauhöhe (3,5 cm ohne Dämmung und Oberbelag)
- geringes Flächengewicht
- hohe Druckfestigkeit

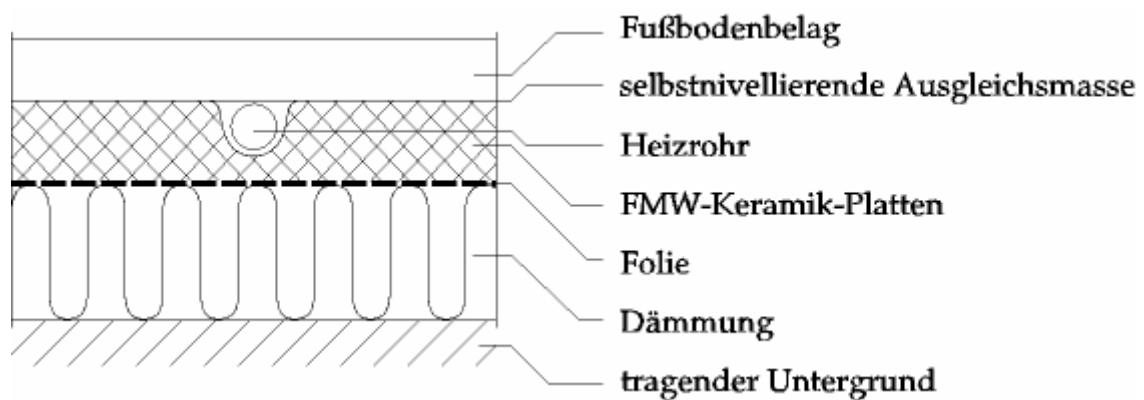
4) Fußbodenaufbau

4.1) Herkömmliche Systeme

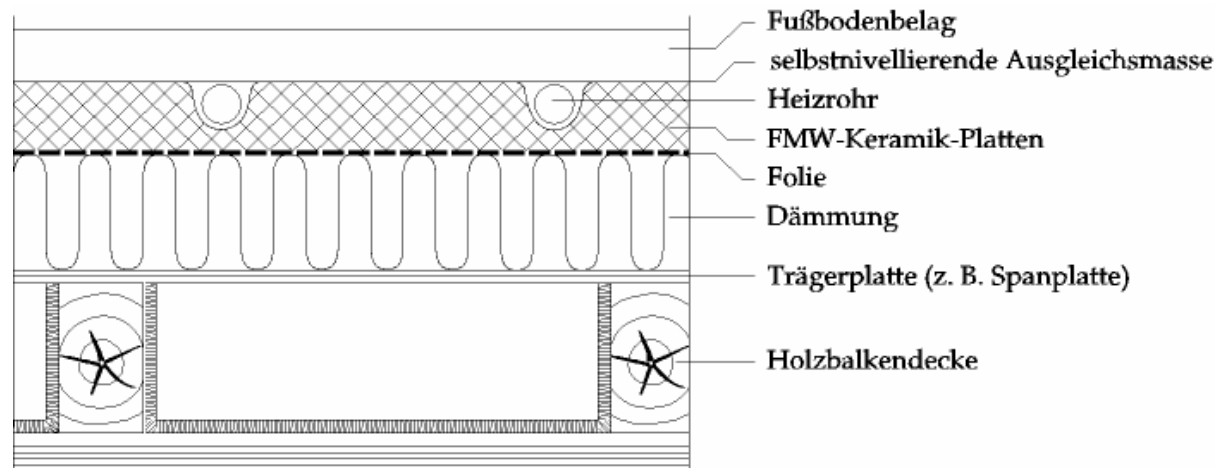


k = jeweilige Dämmstärke nach Wärmeschutzverordnung

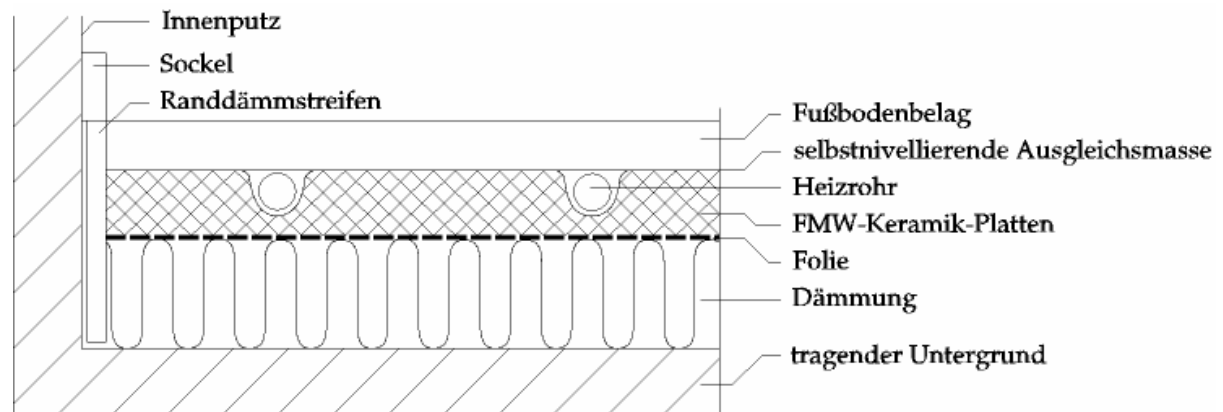
4.2) **FMW-Keramik-Bodenheizung**



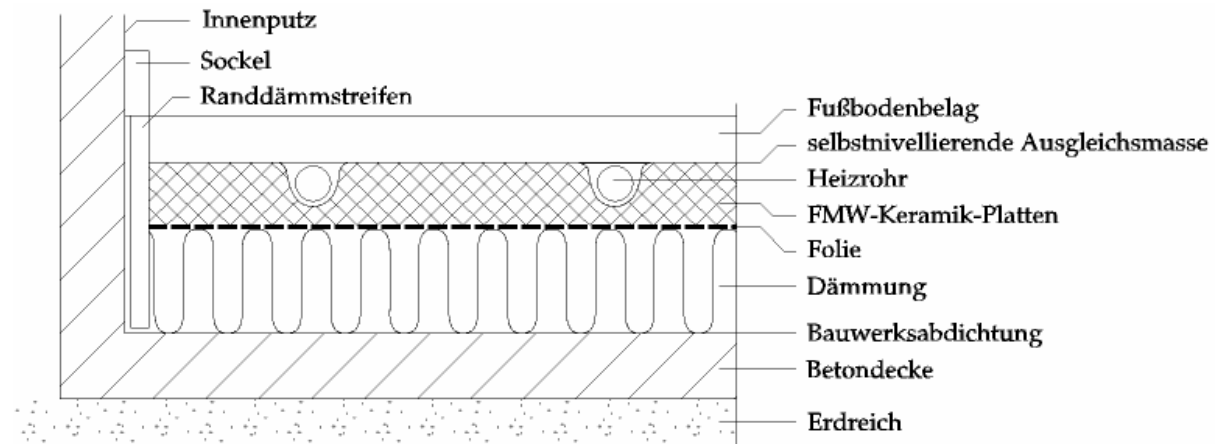
4.3) **FMW-Keramik-Bodenheizung** auf Holzbalkendecke



4.4) **FMW-Keramik-Bodenheizung** – normaler Aufbau



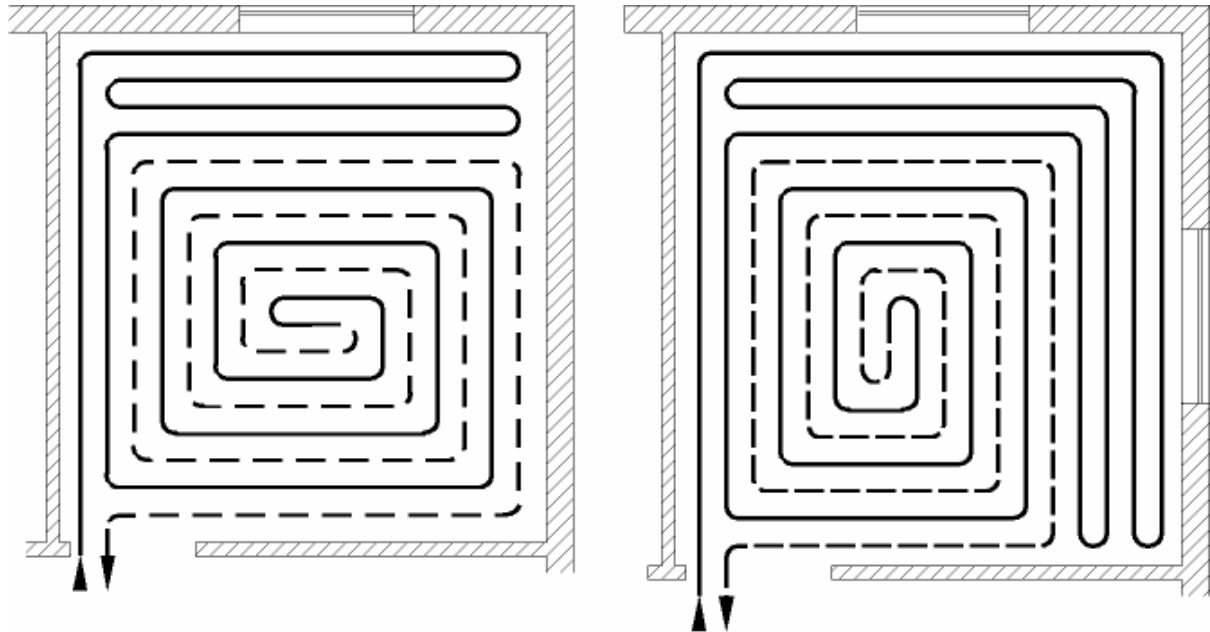
4.5) **FMW-Keramik-Bodenheizung** – Fußboden gegen Erdreich



5) Verlegearten

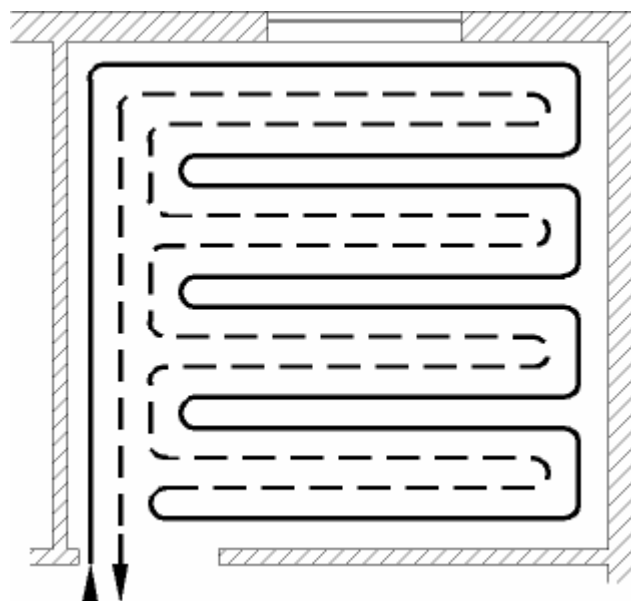
Fensterbereich – Mäanderform

Innenbereich – Schneckenform

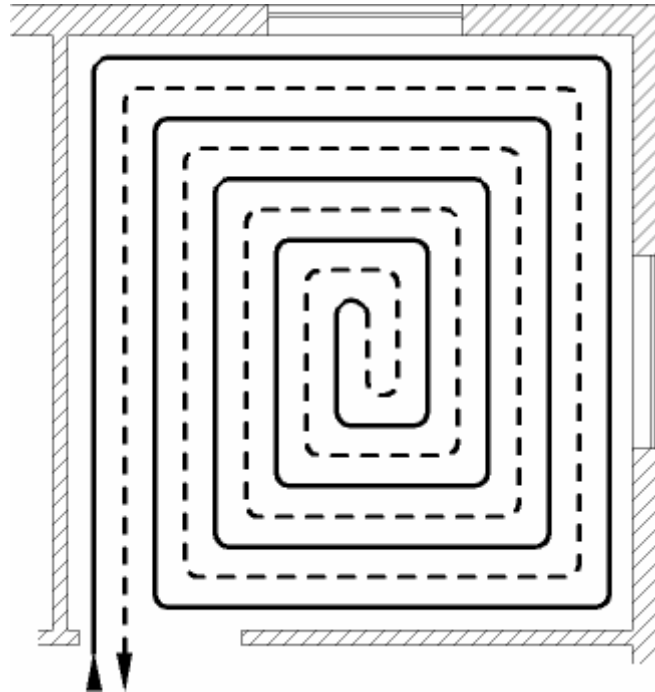


Vorteil der kombinierten Verlegung:

Höhere Fußbodentemperatur und damit höhere Heizleistung im Randbereich.



Die schneckenförmige Rohrführung:



Bei dieser Verlegeart liegen Vor- und Rücklauf abwechselnd nebeneinander. Dadurch wird ein weitgehender Temperatenausgleich zwischen Vor- und Rücklauf, sowie eine gleichförmige Oberflächentemperatur erreicht.

6) Oberbeläge – Fußbodenaufbau

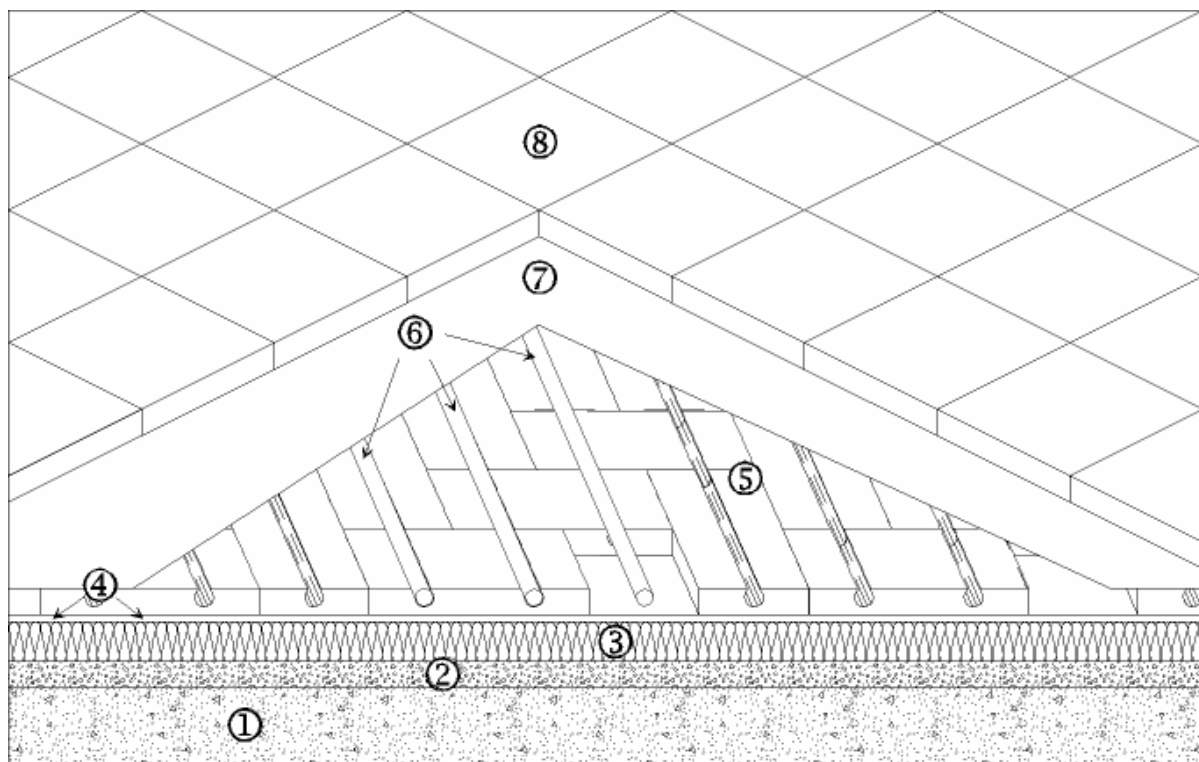
Als Oberbelag in Kombination mit der *FMW-Keramik-Bodenheizung* eignen sich besonders gut der jeweiligen DIN/EN Norm entsprechende keramische Bodenfliesen und Natursteinplatten.

Fliesen und Platten die keiner Norm entsprechen können ebenfalls verwendet werden sofern sie gleichwertige gute Eigenschaften besitzen.

Alternativ können jedoch auch PVC, Parkett, Teppichbodenbeläge sowie Lamynahtböden aufgebracht werden, sofern Sie als Oberbelag für Fußbodenheizung geeignet sind.

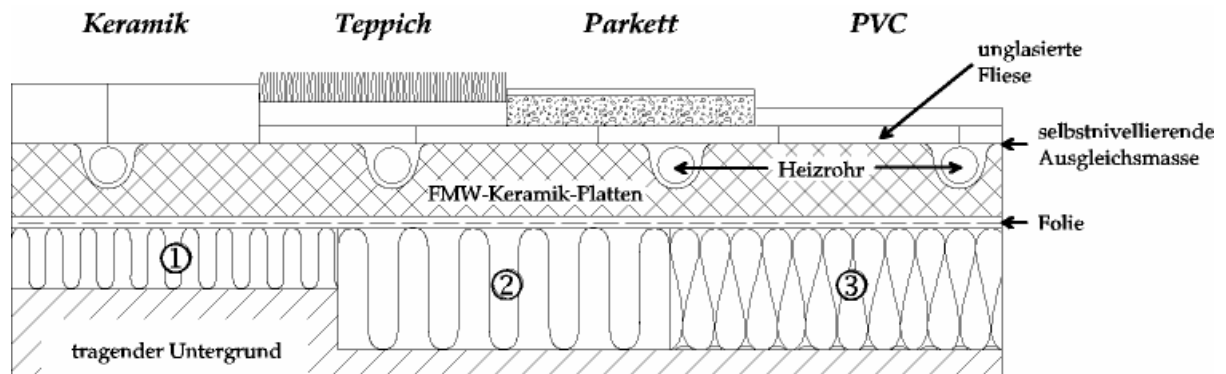
In diesem Fall ist über den FMW-Keramik-Platten eine Tragschicht aus unglasierten Fliesen zu erstellen. Auf dieser Tragschicht werden dann die Oberbeläge aufgeklebt. Anstelle der Tragschicht aus Fliesen kann auch die **FMW-Vergußmasse 5mm stark** aufgetragen werden. Darauf können ebenfalls beliebige Oberbeläge verlegt werden.

Sollen glasierte oder unglasierte quadratischen oder rechteckigen Fliesen in gerader Richtung verlegt werden, muss die Verlegung der FMW-Keramik-Platten diagonal oder mindestens 8 Grad versetzt zur Fugenrichtung des Oberbelags ausgefüllt werden. Sechseck, Achteck mit Einlagen, sowie Provenzale Fliesen können unabhängig zur Fugenrichtung der Heizrohre verlegt werden.



- | | |
|---------------------------------------|---|
| ① Betondecke | ② Ausgleichsschüttung (soweit erforderlich) |
| ③ Schall-/Wärmeisolation | ④ Abdeckfolie |
| ⑤ FMW-Keramik-Platten | ⑥ Warmwasserschläuche |
| ⑦ selbstnivellierende Ausgleichsmasse | ⑧ Oberbelag |

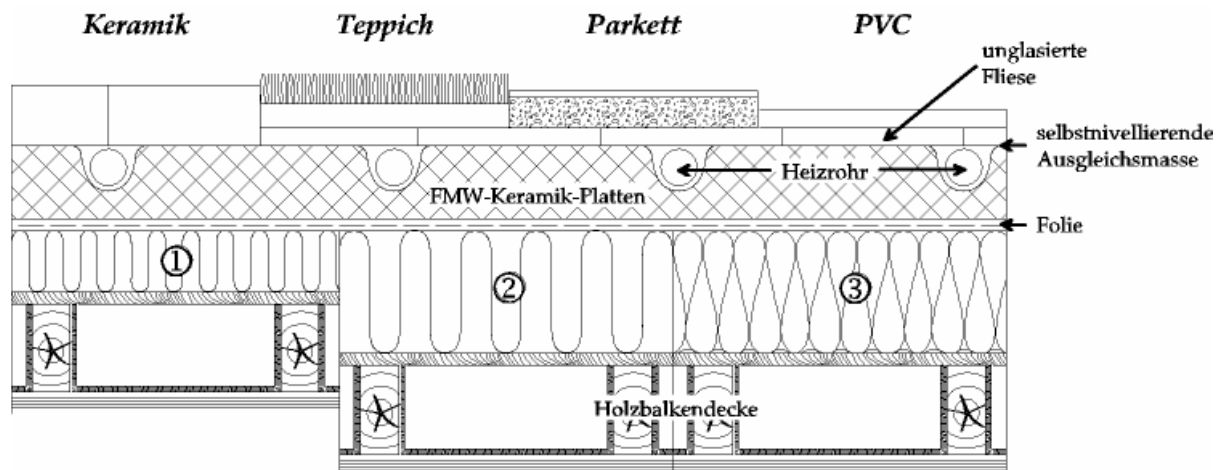
Beispiel für den Bodenaufbau bei Verwendung verschiedener Bodenbeläge



- ① PUR = 0,025 W/mk
- ② Polystrol = 0,035 W/mk
- ③ Mineralfaser = 0,035 W/mk

Die Verlegung von Teppich, Parkett, PVC sowie Lamynahtböden als Bodenbelag erfolgt auf einer unglasierten Fliese. Die Keramikplatten werden direkt auf die FMW-Keramik-Platten verlegt. Bei der Auswahl der Dämmschichtdicke / Materialien ist die entsprechende Wärmeschutzverordnung zu berücksichtigen.

- Beispiel für den Bodenaufbau bei Verwendung verschiedener Bodenbeläge im Bereich der **Altbausanierung**



- ① PUR = 0,025 W/mk
- ② Polystrol = 0,035 W/mk
- ③ Mineralfaser = 0,035 W/mk

Die Verlegung von Teppich, Parkett, PVC sowie Lamynahtböden als Bodenbelag erfolgt auf einer unglasierten Fliese. Die Keramikplatten werden direkt auf die FMW-Keramik-Platten verlegt. Bei der Auswahl der Dämmschichtdicke / Materialien ist die entsprechende Wärmeschutzverordnung zu berücksichtigen.

7) Wärmeleistungstabelle

Wärmeleistungstabelle								
Rohrabstand 15 cm, Rohrbedarf 7m /m ²								
Raumtemperatur in °C				15	18	20	22	24
t _{Hm} = 35 °C	Naturstein 15 mm	q _{FB}	w / m ²	110	94	83	75	65
		t _{FB}	°C	24,7	26,3	27,4	28,5	29,6
	Fliesen 8 mm	q _{FB}	w / m ²	107	92	82	72	62
		t _{FB}	°C	24,2	25,8	26,9	28,0	29,1
	PVC 4 mm	q _{FB}	w / m ²	104	88	78	67	58
		t _{FB}	°C	23,9	25,6	26,7	27,6	28,7
	Teppich 5 mm	q _{FB}	w / m ²	87	74	66	57	48
		t _{FB}	°C	21,7	23,8	25,2	26,5	27,9
t _{Hm} = 40 °C	Naturstein 15 mm	q _{FB}	w / m ²	134	120	109	98	88
		t _{FB}	°C	26,3	27,9	29,0	30,1	31,2
	Fliesen 8 mm	q _{FB}	w / m ²	134	118	107	96	86
		t _{FB}	°C	26,1	27,7	28,9	30,0	31,1
	PVC 4 mm	q _{FB}	w / m ²	130	114	104	93	83
		t _{FB}	°C	25,5	27,3	28,4	29,6	30,7
	Teppich 5 mm	q _{FB}	w / m ²	109	96	87	79	70
		t _{FB}	°C	22,8	24,9	26,3	27,6	29,0
t _{Hm} = 45 °C	Naturstein 15 mm	q _{FB}	w / m ²	164	147	137	126	114
		t _{FB}	°C	28,5	30,2	31,3	32,4	33,5
	Fliesen 8 mm	q _{FB}	w / m ²	160	144	134	123	111
		t _{FB}	°C	28,3	30,0	31,1	32,2	33,3
	PVC 4 mm	q _{FB}	w / m ²	156	140	130	119	109
		t _{FB}	°C	27,6	29,4	30,5	31,7	32,8
	Teppich 5 mm	q _{FB}	w / m ²	131	118	109	101	92
		t _{FB}	°C	24,4	26,5	27,8	29,2	30,6

9) Projektierung

a) Vereinfachte Berechnung:

Zur vereinfachten Planung der **FMW-Keramik-Bodenheizung** finden Sie Wärmeleistungen und Fußbodenoberflächentemperaturen in Abhängigkeit der Vorlauf- bzw. mittleren Heizmitteltemperaturen.

Die Wärmeleistungen gelten für einen Rohrabstand von 15 cm.

Der Bedarf an FMW-Platten je m² **FMW-Keramik-Bodenheizung** beträgt 22 Stück.

Bei unterschiedlichen Bodenbelägen (Keramik, PVC, Parkett, usw.) ist auf die maximal erforderliche Vorlauftemperatur zu achten.

Beispiel:

Gegeben:

- Raumgröße = 17 m²
- Wärmebedarf = 1500 W
- Bodenbelag = Keramikfliese 8 mm
- mittl. Heizwassertemp. = 35 °C
- Raumtemperatur = 18 °C

Gesucht:

- Heizrohrbedarf in m, Anzahl der Rohrhalter (2 Stück / m)
- Fußbodenoberflächentemperatur in °C
- Anzahl der FMW-Platten Typ A, B, C und D

Lösung:

1. $q_{\text{erf}} = \frac{1500 \text{ W}}{17 \text{ m}^2} = 88,24 \text{ W/m}^2$
2. aus Wärmeleistungstabelle (siehe Seite 11) die gesuchten Werte entnehmen
 $q_{\text{eff}} = 92 \text{ W/m}^2$
 $t_{\text{FB}} = 25,8 \text{ °C}$
3. Rohrbedarf: $17\text{m}^2 \times 7\text{m/m}^2 = 119\text{m} + \text{Zuschlag für Anschluss an Heizkreisverteiler}$
4. Plattenbedarf: $22 \text{ Stück/m}^2 \times 17\text{m}^2 = 374 \text{ Stück}$

erforderliche Anzahl Platten Typ A = 46% = 172 Stück
erforderliche Anzahl Platten Typ B = 46% = 172 Stück
erforderliche Anzahl Platten Typ C = 4% = 15 Stück
erforderliche Anzahl Platten Typ D = 4% = 15 Stück
5. Anzahl der Rohrhalter:
 $2 \text{ Stück/m} \times 119\text{m} = 238 \text{ Stück}$

b) ausführliche Berechnung:

FMW-Keramik-Bodenheizungen lassen sich leicht und problemlos projektieren. Die einzelnen Schritte werden in nachstehender Reihenfolge durchgeführt:

- 1) • Erstellung der Wärmebedarfsberechnung nach DIN/EN
• Bereinigung der Wärmebedarfsberechnung
- 2) • Berechnung der mit FMW-Platten zu belegenden Flächen
- 3) • Festlegung der Heizregister mit Registerrohrängen
• Festlegung der maximalen Vorlauftemperatur
• Ermittlung der erforderlichen Wassermenge
• Ermittlung des Druckverlustes und Festlegung der Pumpenleistung unter
• Einbeziehung der Heizkreisarmaturen und Heizkreis-Zuleitungen
- 4.) • Heizkreisarmaturen – Voreinstellung

Für die Auslegung der Pumpenleistung sind darüber hinaus zu berücksichtigen:

- a.) Druckverlust der Heizkreis – Armaturen
- b.) Druckverlust der Rohrleitungen zum Heizkreisverteiler (individuell festzulegen)

zu 1.) Wärmebedarfsberechnung:

Am Anfang der Planung steht die Wärmebedarfsberechnung nach DIN/EN. Anschließend wird der ermittelte Wärmebedarf um die Fußbodenwärmeverluste bereinigt. Diese sind allerdings bei der Auslegung der Kesselleistung wieder zu berücksichtigen.

zu 2.) Berechnung der zu belegenden Raumflächen:

Die Grundfläche des Raumes ist zugleich auch Auslegefläche. Stellflächen fest eingebauter Möbel und konstruktionsbedingte Freiflächen sind in Abzug zu bringen.

Der bereinigte Wärmebedarf wird durch die Belegungsfläche dividiert und ergibt die erforderliche Wärmeleistung in W/m².

$$q_{\text{erf.}} = \frac{\text{bereinigter Wärmebedarf}}{\text{Belegungsfläche}} \quad (\text{W/m}^2)$$

Die so ermittelte erforderliche Wärmeleistung je m² bildet die Basis zur weiteren Auslegung der FMW-Platten.

Die Übertemperatur $t_{\text{ü}}$ ist der Temperaturunterschied zwischen Fußbodenoberflächen-temperatur und Raumtemperatur. Die Fußbodenoberflächentemperatur muss aus wärmephysiologischen und medizinischen Gründen besonders beachtet werden. Die maximale Fußbodenoberflächentemperatur sollte

- 25 °C in Arbeitsräumen
- 28 - 29 °C in Wohn- und Büroräumen
- 32 °C in Badezimmern und Schwimmhallen nicht überschreiten.

Diese Temperaturen gelten für extrem niedrige Außentemperaturen (z. B. 18 °C). Im Jahresdurchschnitt werden die Fußbodenoberflächentemperaturen um ca. 3 bis 4 °C tiefer liegen.

Die Wärmeabgabe der Fußbodenoberfläche ist abhängig von der mittleren Heizwassertemperatur im Heizrohr, dem Rohrabstand, der gewünschten Raumtemperatur über dem Fußboden sowie dem Konstruktionsaufbau mit dem gewünschten Oberbodenbelag.

zu 3.) **Heizkreisbestimmung:**

Reicht zur Deckung des erforderlichen Wärmebedarfes in einem Raum die Fußbodenoberfläche nicht aus, wie z. B. in einem kleinen Raum, werden statische Zusatzheizflächen erforderlich.

Für die Wärmeleistung der **FMW-Keramik-Bodenheizung** ist u. a. neben der Raumtemperatur auch die Fußbodenoberflächentemperatur von Bedeutung.

Die Wärmedurchgangswerte des Fußbodenoberbelages sind je nach Oberbelag unterschiedlich und beeinflussen mehr oder weniger die Wärmeleistung. Die Art des Oberbelages muss bei der Projektierung berücksichtigt werden. Hierzu sind die entsprechenden Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.

Die einzelnen Heizregisterkreise selbst, lassen sich über Feinreguliertventile mit Rastereinstellung entsprechend dem erforderlichen Wärmebedarf einstellen (Drosseln der Durchflussmenge), so dass jeder Heizkreis oder jeder Raum gesondert temperiert werden kann.

Zusätzlich zur üblichen heizungstechnischen Berechnungsweise müssen die Widerstände der Heizregisterrohre berücksichtigt werden. Der Druckverlust der Register setzt sich aus den Reibungsverlusten der geraden Rohrstrecken, den Reibungsverlusten der Rohrbogen (Umlenkungen) und aus dem Druckverlust durch die Einzelwiderstände der Armaturen zusammen.

Die Länge der Heizregisterrohre und die sich daraus ergebende Heizfläche muss bei der Flächenaufteilung beachtet werden.

Ein Heizkreis soll maximal 120,0 lfdm. Heizrohr haben.

Heizkreisarmaturen - Voreinstellung.

Aufgrund der sicherlich unterschiedlichen Leistungen und Registergrößen weisen die einzelnen Heizkreise, die an einem Heizkreisverteiler angeschlossen sind, auch unterschiedliche Druckverluste auf. Diese Differenzen zu dem Heizkreis mit dem höchsten

Druckverlust sind über eine Fein- und Voreinstellung an der Heizkreisarmatur abzugleichen.

Der Druckverlust eines Ventils hängt in erster Linie von der geometrischen Form, sowie der hydraulischen Charakteristik der Durchflussflächen und Kanäle ab.

Die Druckverlust- und Voreinstelldiagramme der einzelnen Hersteller sind zu beachten.

Die Wassermenge M_W errechnet sich aus der Wärmeleistung des Raumes nach folgender Gleichung:

$$M_W = \frac{Q_n \text{ Watt}}{\Delta t \text{ } ^\circ\text{C}} \times 0,86 \text{ dm}^3/\text{h}$$

Erläuterungen zum Formblatt „**Berechnung der FMW-Fußbodenheizung**“

Spalte	Erläuterung
1	Raum-Nummer aus Projektplan
2	Wärmebedarf des Raumes nach DIN 4701
3	Bereinigter Wärmebedarf des Raumes
4	Mit FMW-Keramik-Bodenheizung zu belegende Fläche
5	Erforderliche spezifische Leistung der FMW-Keramik-Bodenheizung : $q_{\text{erf}} = \frac{\text{Spalte 3}}{\text{Spalte 4}}$ (siehe auch Seite 14)
6	Geforderte Raumtemperatur
7	Vor- und Rücklauftemperatur im Heizregister
8	Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf
9	Mittlere Übertemperatur $t_{\text{üm}} = \frac{t_v + t_R}{2} - t_i$
10	Material des Oberbodens
11	Spez. Wärmeleistung der FMW-Keramik-Bodenheizung q_{erf} $q_{\text{Tabelle}} \times f$
12	Restwärmebedarf (Spalte 5 – Spalte 11) Spezifische Wärmeleistung des gewählten Verlegeabstandes
13	Korrekturfaktor für abweichende Oberböden
14	Erforderliche Gesamt-Wassermenge $\left(\frac{\text{Spalte 2}}{\text{Spalte 8}} \right)$
15	Anzahl der Heizkreise im Raum
16	Wassermenge je Heizkreis $\left(\frac{\text{Spalte 15}}{\text{Spalte 16}} \right)$
17	Rohrreibungswiderstand je m Heizkreislänge

Korrekturfaktor für abweichende Bodenbelagsstärken

Belagsstärke in mm	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25
f _{Naturstein}								0,98	0,99	1,00	1,02	1,04
f _{Fliesen}			0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,05		
f _{PVC}	0,98	1,00	1,02	1,05								
f _{Teppich}	0,90	0,95	1,00	1,06	1,12	1,17						

10) Leistungsverzeichnis

Vorbemerkung:

Der Auftragnehmer hat gemäß DIN 18353, Ziff. 3.11 den Untergrund (Rohdecke) für seine Leistung auf Eignung zum Aufbringen der vorgeschriebenen Wärme- und Trittschalldämmung sowie Verlegung der FMW-Fußbodenheizung zu prüfen.

Größere Unebenheiten sind durch eine Ausgleichsschicht (Magermörtel, Ausgleichsbeton) auszugleichen.

An allen Wänden, Säulen, Installationsrohren, Deckendurchbrüchen, Türzargen usw. sind Randdämmstreifen (d = 8-10 mm; h = 10-15 cm) aus Mineralfaser oder Polystyrol aufzustellen.

Als Abdeckung der Dämmschicht ist eine Polyäthylenfolie von mindestens 0,2 mm Dicke oder einem anderen Erzeugnis mit vergleichbaren Eigenschaften zu verwenden.

Die Abdichtung ist an den Randstreifen hoch zu führen. Die einzelnen Bahnen müssen an den Stößen mindestens ca. 10 cm überdecken.

Bei Feuchträumen (Bad, WC, Küche usw.) sind die Stöße der einzelnen Bahnen dauerhaft durch Schweißen oder Kleben abzudichten.

Die Heizrohre sind so zu verlegen, dass die Heizkreise an den Bewegungsfugen enden. Werden trotzdem Bewegungsfugen von Heizrohren gekreuzt, so ist die Bewegungsmöglichkeit durch besondere Maßnahmen (z. B. Rohrhülsen) sicherzustellen.

			Einzelpreis	Gesamtpreis
Pos. 1	lfm.	Randdämmstreifen 1 cm × 15 cm, aus Polystyrol oder Mineralfaser zwischen Dämmschicht und Wand bzw. Säulen, Leitungen usw. liefern und einbauen		
	L	M .....	.....	.....
Pos. 2	qm	Trittschall- und Wärmedämmung _____ cm dick, liefern und auf ebenen, besenreinen, vorbereiteten Untergrund verlegen		
	L	M .....	.....	.....
Pos. 3	qm	PE-Folie 0,2 mm dick, liefern und nach den Verlegerichtlinien einbauen		
	L	M .....	.....	.....
Pos. 4 a	Stck	FMW-Keramik-Formsteine Typ A (mit einer Längsrille) zur Aufnahme des Heizrohres liefern und verlegen		
	L	M .....	.....	.....
Pos. 4 b	Stck	FMW-Keramik-Formsteine Typ B (mit 2 Querrillen) zur Aufnahme des Heizrohres liefern und verlegen		
	L	M .....	.....	.....
Pos. 4 c	Stck	FMW-Keramik-Formsteine Typ C (mit Aussparungen für die Rohrbögen) zur Aufnahme des Heizrohres liefern und verlegen		
	L	M .....	.....	.....
Pos. 4 d	Stck	FMW-Keramik-Formsteine Typ D (mit Aussparungen für die Rohrbögen) zur Aufnahme des Heizrohres liefern und verlegen		
	L	M .....	.....	.....
Pos. 5	m	VPE-Rohr 17 × 2 cm liefern und in die vorh. Nuten (Rohrrillen) einlegen, mittels Rohrhaltern (im Abstand von 0,5 – 1 m) befestigen und am Heizkreisverteiler anschließen		
	L	M .....	.....	.....
	Übertrag			.....

		Einzelpreis	Gesamtpreis
	Übertrag:		.....
Pos. 6	<u>Alternativ</u>		
	m Polybuten-Rohr 17 × 2 cm liefern und in die vorh. Nuten (Rohrrillen) einlegen, mittels Rohrhaltern (im Abstand von 0,5 – 1 m) befestigen und am Heizkreisverteiler anschließen		
	L M ..... .....		.....
Pos. 7	Std. Fußbodenheizkreise auf Dichtheit prüfen		
	Pauschal		.....
Pos. 8	kg. FMW-Vergußmasse z. Ausschlämmen der Fugen- und Hohlräume auf den FMW-Formsteinen liefern und einbauen		
	L M ..... .....		.....
	Gesamtsumme		.....