

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Die verschärften Anforderung an den Wärmeschutz und die verbesserte Wärmedämmung führen zu einer drastischen Reduzierung der Wärmeverluste von Gebäuden. Die daraus resultierende niedrigere Heizlast kann in der Regel durch ein Flächenheizungssystem gedeckt werden.

Die exakte Berechnung und Dimensionierung mit Massenermittlung wird heute üblicherweise mit haustechnischen Planungsprogrammen durchgeführt. Für das **PRINETO** System können die Datensätze der Firmen liNear oder Dendrit verwendet werden.

Die Planungsprogramme berücksichtigen auch den Einfluss der Dämmung und der Bedingungen unterhalb des Bodens. Die Wärmeabgabe nach unten beeinflusst vor allem den nötigen Heizwassermassenstrom.

Folgende Kenngrößen sind für die Auslegung einer Fußbodenheizung erforderlich:

Auslegungs-Wärmeleistung Q_H (W), ist nach DIN 1264-3 die Heizlast Q_{Nfr} , die bei der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 (Normheizlast Φ_{Hi}) ermittelt wird.

Heizfläche A_F (m²), tatsächlich zur Rohrverlegung nutzbare Raumfläche.

Norm-Rauminnentemperatur θ_i [°C], nach DIN EN 12831 Beiblatt 1, beinhaltet die Lufttemperatur und die mittlere Temperatur der raumumschließenden Flächen.

- Maximale Fußboden-Oberflächentemperatur $\theta_{fr, max}$ [°C], nach DIN EN 1264-2, ist aus physiologischen und medizinischen Gründen begrenzt:

Aufenthaltszonen:

29 °C (+ 9 K über der Norm-Innentemperatur eines Raumes mit 20 °C) 33 °C (+ 9 K über der Norm-Innentemperatur eines Bades mit 24 °C)

Randzonen:

35 °C (+ 15 K über der Norm-Innentemperatur eines Raumes mit 20 °C)

Die Auslegungsvorlauftemperatur Φ_{Hl} muss so gewählt werden, dass diese Werte im Raum nicht überschritten werden. Bei einer vorgewählten Heizmittelübertemperatur wird die Spreizung so gewählt, dass dies gewährleistet ist (vgl. Beispiel-Diagramm, S. 314).

Mittlere Heizwassertemperatur $\theta_{H,m}$ [°C], Durchschnittswert der Vorlauf und Rücklauftemperatur, berücksichtigt die Temperaturspreizung

$$\theta_{H,m} = (\theta_v - \theta_r) : 2 + \theta_r$$

- Spreizung σ [K], Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf ($\theta_v - \theta_r$)

Wärmeleitwiderstand des Bodenbelags

$R_{\lambda,B}$ [m²K/W], beeinflusst die Wärmeübertragung des Heizstrichs an den Raum und wird nach den Materialien unterschieden.

Diese müssen einen Eignungsnachweis des Herstellers besitzen. Textile und elastische Bodenbeläge haben dazu eine besondere Kennzeichnung.

7

Fußbodenheizung

Bodenbelag	Wärmeleitwiderstand
Naturstein, Bodenfliesen < 15 mm	0,015
Naturstein, Bodenfliesen < 25 mm	0,025
Parkett, Nadelfilz, Kunstfaser	0,050
Teppichboden, Schlingenware	0,100
Velours, Teppich	0,150

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Daraus lassen sich folgende Kenngrößen errechnen:

- Heizmittelübertemperatur $\Delta\theta_H$ [K], Differenz aus mittlerer Heizwassertemperatur $\theta_{H,m}$ und Norm-Rauminnentemperatur θ_i

$$\Delta\theta_H = \theta_{H,m} - \theta_i$$

- Vorlaufübertemperatur $\Delta\theta_v$, Differenz aus Vorlauftemperatur θ_v und Norm-Rauminnentemperatur θ_i

$$\Delta\theta_v = \theta_v - \theta_i$$

Hinweis:

Für die Heizmittelübertemperatur, Vorlaufübertemperatur und Spreizung müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

$$\Delta\theta_v = \Delta\theta_H + 0,5 \cdot \sigma$$

(wenn $\sigma : \Delta\theta_H > 0,5$)

$$\Delta\theta_v = \Delta\theta_H + 0,5 \cdot \sigma + \sigma \cdot \sigma : 12 \cdot \Delta\theta_H$$

(wenn $\sigma : \Delta\theta_H < 0,5$)

- Wärmestromdichte q [W/m²], Quotient aus Auslegungs-Wärmeleistung Q_H und tatsächlich zur Verfügung stehender Heizfläche A_F

$$q = Q_H : A_F$$

- Verlegeabstand VA [cm], wird ermittelt in Abhängigkeit von Wärmestromdichte, Heizmittelübertemperatur und Wärmeleitwiderstand des Bodenbelages (vgl. Diagramme wärmetechnische Prüfungen, ab S. 314).
- Maximal verlegbare Rohrlänge $l_{R,max}$ [m], der Gesamtdruckverlust eines Heizkreises sollte 250 hPa nicht überschreiten – der erforderliche Massenstrom und die Rohrdimension begrenzen demzufolge die verlegbare Rohrlänge (vgl. Druckverlusttabellen der Rohre, ab S. 209).

- Rohrbedarf l_R [m], der Verlegeabstand VA und die Heizfläche A_F bestimmen den Rohrbedarf pro m² Fußboden:

$$l_R = [1 : VA \text{ (in m)}] \times A_F$$

- Maximale Heizkreisfläche $A_{HK,max}$ [m²], wird bestimmt durch die Geometrie des Raumes und die maximal verlegbare Rohrlänge auf Grundlage des Rohrbedarfes (vgl. Auslastungstabellen, ab S. 294).

- Massenstrom m [kg/h], ist als Auslegungsheizmittelstrom m_H nach DIN 1264-3 zu ermitteln.

$$m = Q_H : [1,163 \times (\theta_v - \theta_r)]$$

- Die für Heizkörperheizungen übliche Massenstromberechnung muss um den Massenstrom, der sich aus dem Wärmeverlust zum darunter liegenden Raum ergibt, korrigiert werden. Dazu muss der Teilwärmegangswiderstand nach oben (R_o) und nach unten (R_u , Summe aller Einzel-Wärmeleitwiderstände von Dämmplatten und Fußbodenkonstruktion) ermittelt werden. R_o kann man unter Zuhilfenahme der Diagramme oder der Auslastungstabellen nach folgender Formel ermitteln:

$$R_o = \Delta\theta_H : q$$

Damit ergibt sich:

$$m = K \cdot Q_H : [1,163 \times (\theta_v - \theta_r)]$$

$$K = 1 + R_o : R_u + (\theta_i - \theta_r) : (q \times R_u)$$

θ_r ist die Raumtemperatur des darunter liegenden Raumes.

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Beispiel zur Ermittlung des Verlegeabstandes

- Tackersystem, Aufenthaltszone
- Heizfläche: 30 m²
- Rauminnentemperatur: 20 °C
- Mittlere Heizwassertemperatur: 40 °C
- Parkettboden: 0,050 m²K/W
- Auslegungs-Wärmeleistung: 2000 W

Diese Werte werden auf die Achsen der Diagramme des Tackersystems übertragen. Dabei wird mit dem größten Verlegeabstand VA 25 cm begonnen. Der Kreuzungspunkt beider Werte im Diagramm sollte auf der Geraden 0,05 oder knapp darunter liegen und keinesfalls oberhalb der schwarzen Grenzkurven für die Fußboden-Oberflächentemperaturen.

Heizmittelübertemperatur $\Delta\theta_H$

$$= \text{mittlere Heizwassertemperatur } \theta_{H,m} - \text{Raumtemperatur } \theta_r$$

$$= 40 \text{ °C} - 20 \text{ °C}$$

$$= 20 \text{ K}$$

Wärmestromdichte q

$$= \text{Auslegeleistung } Q_H : \text{Heizfläche } A_F$$

$$= 2000 \text{ W} : 30 \text{ m}^2$$

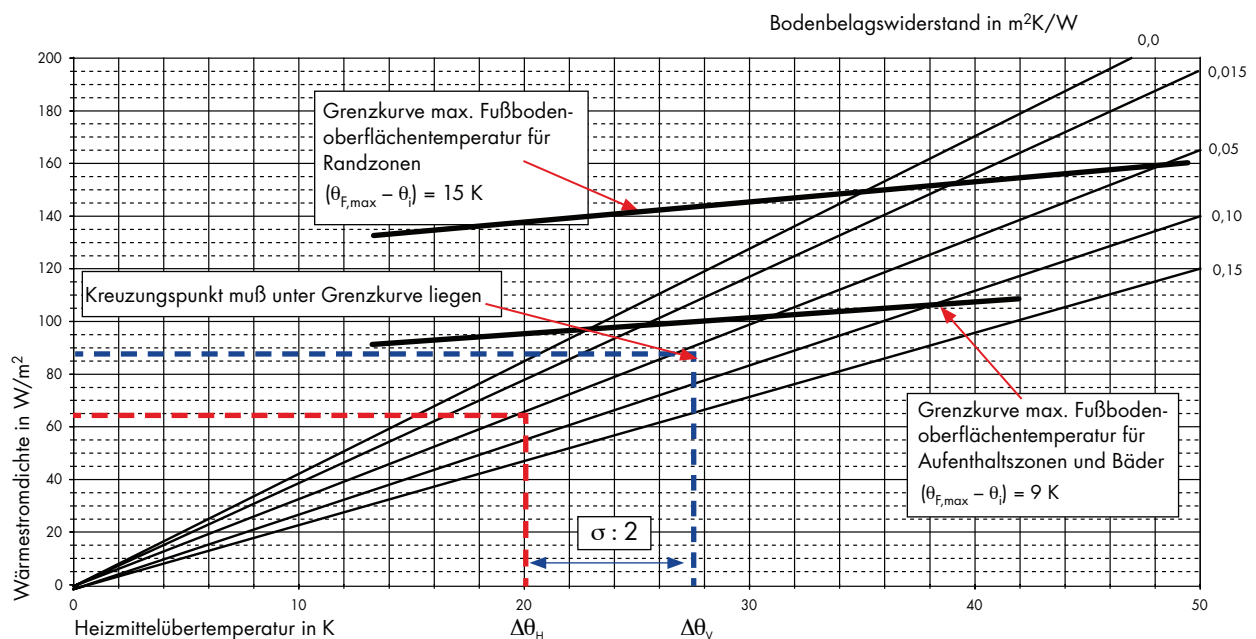
$$= 67 \text{ W/m}^2$$

Beispiel :

$$\Delta\theta_H = 20 \text{ K} ; \Delta\theta_V = 26,25 \text{ K} ;$$

$$\sigma = 12,5 \text{ K} ; q = 67 \text{ W/m}^2$$

Beispieldiagramm Tackersystem Verlegeabstand 25 cm



Im Beispieldiagramm befindet sich der Kreuzungspunkt genau auf der Geraden 0,05. Mit einem Verlegeabstand von 25 cm wird die geforderte Wärmestromdichte von 67 W/m² bei einer Heizmittelübertemperatur von 20 °C erbracht.

Bei einer Spreizung von 12,5 K ergibt sich eine Vorlauf-temperatur von 46,25 °C. Der Kreuzungspunkt mit der Geraden 0,05 liegt unterhalb der schwarzen Grenzkurve

für die Begrenzung der Fußboden-Oberflächentemperatur (Aufenthaltszone oder Randzone). Bei einer Vorlauf-temperatur von 46,25 °C wird beim Parkettboden die maximal zulässige Oberflächentemperatur von 29 °C nicht überschritten.

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Für alle Räume eines Hauses werden nun je nach Bodenbelag und Wärmestromdichte mit der einmal gewählten Heizmittelübertemperatur und Vorlauftemperatur die Verlegeabstände ermittelt.

Verkleinert man die Teilung, so nimmt bei gleichem Bodenbelag und gleicher Heizmittelübertemperatur die Wärmestromdichte zu. Vergrößert man die Heizmittelübertemperatur bei gleichem Bodenbelag und gleicher Wärmestromdichte, so kann man den Verlegeabstand verkleinern.

Abschließend

Die Ermittlung der Massenströme nach DIN EN 1264-3 und der daraus resultierenden Druckverluste für den hydraulischen Abgleich ist sehr aufwändig und wir empfehlen die Verwendung haustechnischer Planungssoftware (Dendrit oder liNear). Dazu müssen die Wärmeverluste nach unten berücksichtigt werden. Diese ergeben sich

aus den Raum-Temperaturdifferenzen und den entsprechenden Dämmstärken und Fußbodenkonstruktionen.

Werden die Heizrohre auf Grundlage einer manuellen Berechnung verlegt, sollte eine maximale Rohrlänge je Heizkreis von 120 m nicht überschritten werden. Die Größen der maximalen Heizkreisflächen können den Auslastungstabellen entnommen werden.

TIPP

Bei kleinerer Teilung ist also eine Absenkung der Systemtemperaturen möglich. Von Verlegeabständen über 20 cm raten wir aus Komfortgründen wegen der zu ungleichmäßigen Erwärmung des Bodens ab.

7

Fußbodenheizung

■ Diagramme der wärmetechnischen Prüfungen

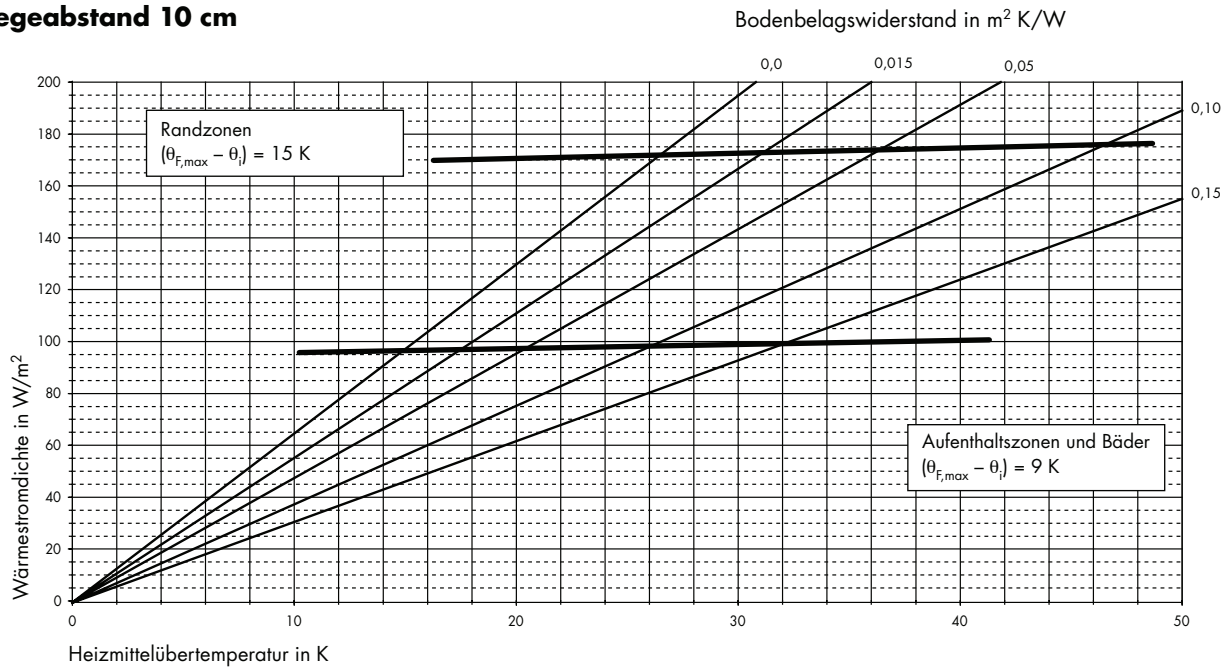
Die **PRINETO** Flächenheizungssysteme – Tackersystem, Noppenplattensystem 14 und Trockenfußbodenheizungssystem – sind nach DIN EN 1264-2 wärmetechnisch geprüft. Die Prüfnummern sind auf den folgenden Seiten für das jeweilige System angegeben.

In den folgenden Diagrammen sind die systemspezifisch erreichbaren Wärmestromdichten der verschiedenen Systeme in Abhängigkeit von Verlegeabstand, Bodenbelagswiderstand und Heizmittelübertemperatur dargestellt.

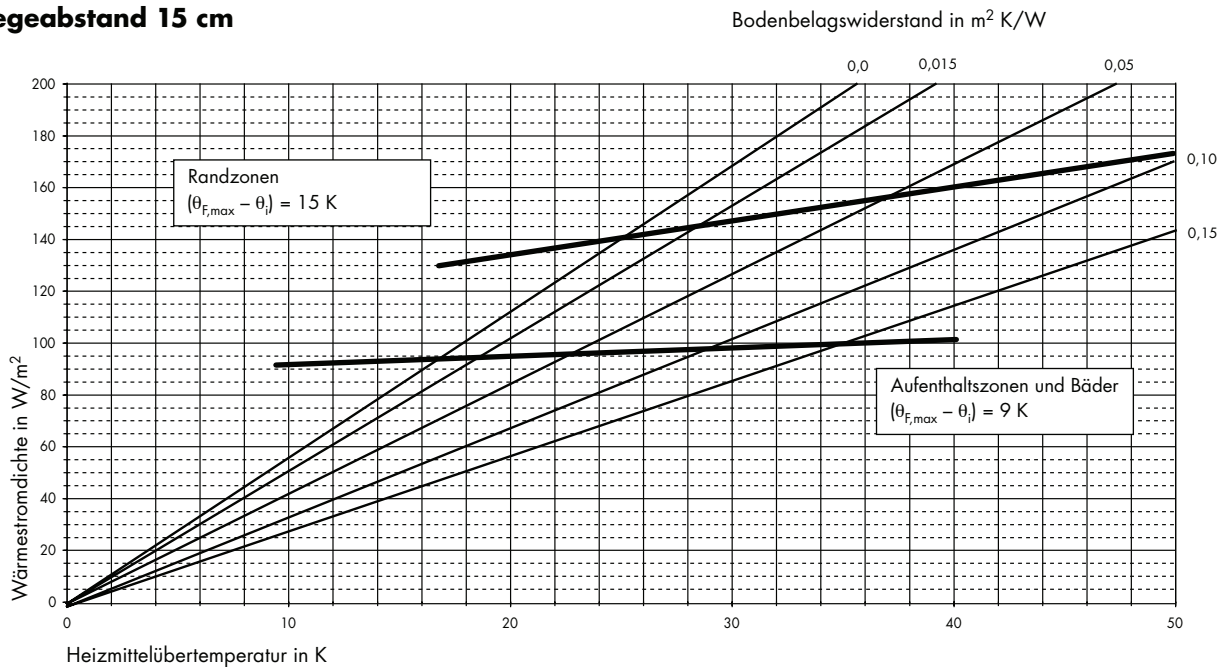
Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

PRINETO Tackersystem

Verlegeabstand 10 cm



Verlegeabstand 15 cm



7

Fußbodenheizung

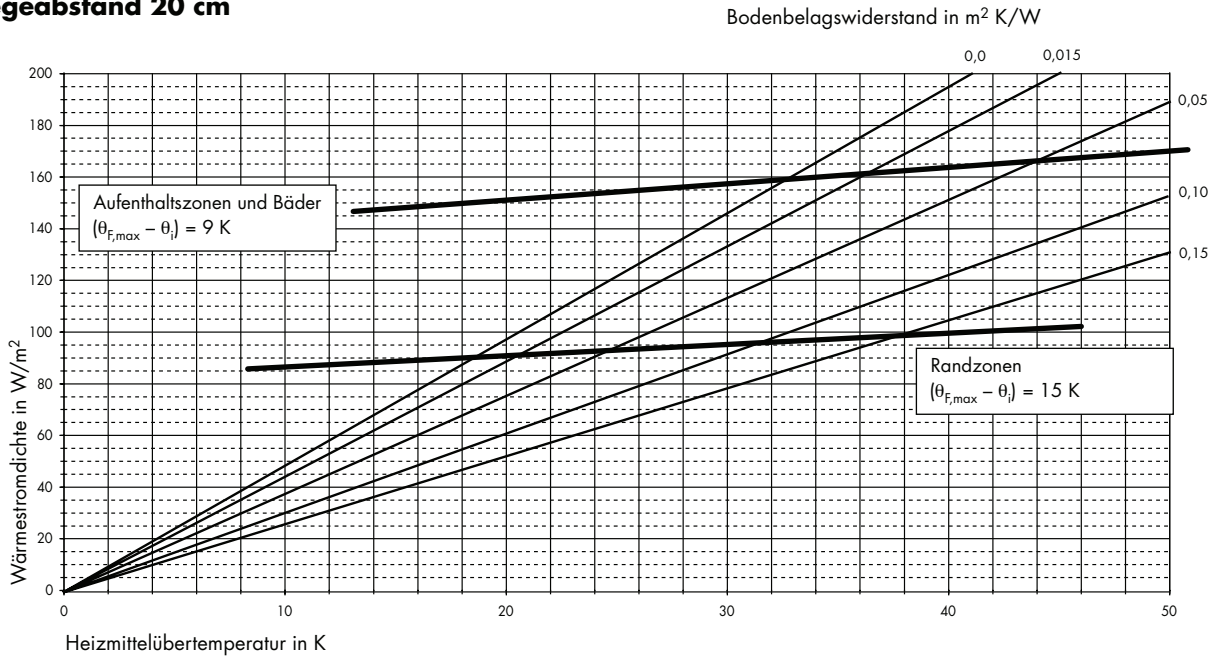


Prüfbericht Nr. HB00P065, DIN-CERTCO 7F101

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

PRINETO Tackersystem

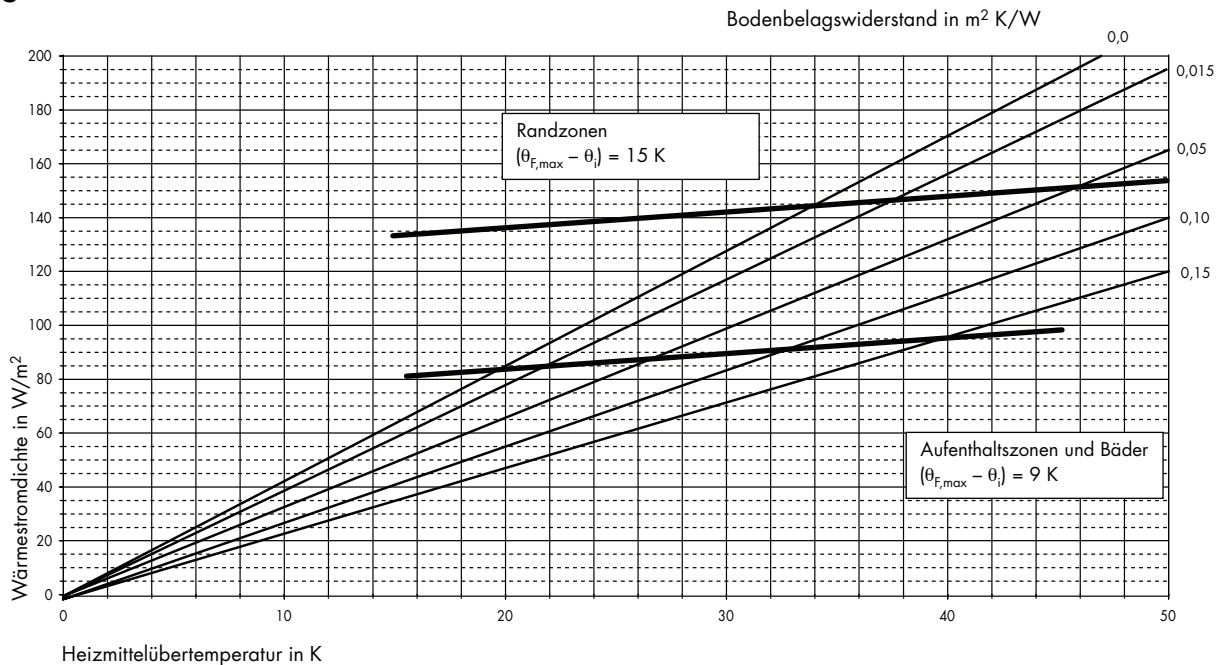
Verlegeabstand 20 cm



7

Fußbodenheizung

Verlegeabstand 25 cm



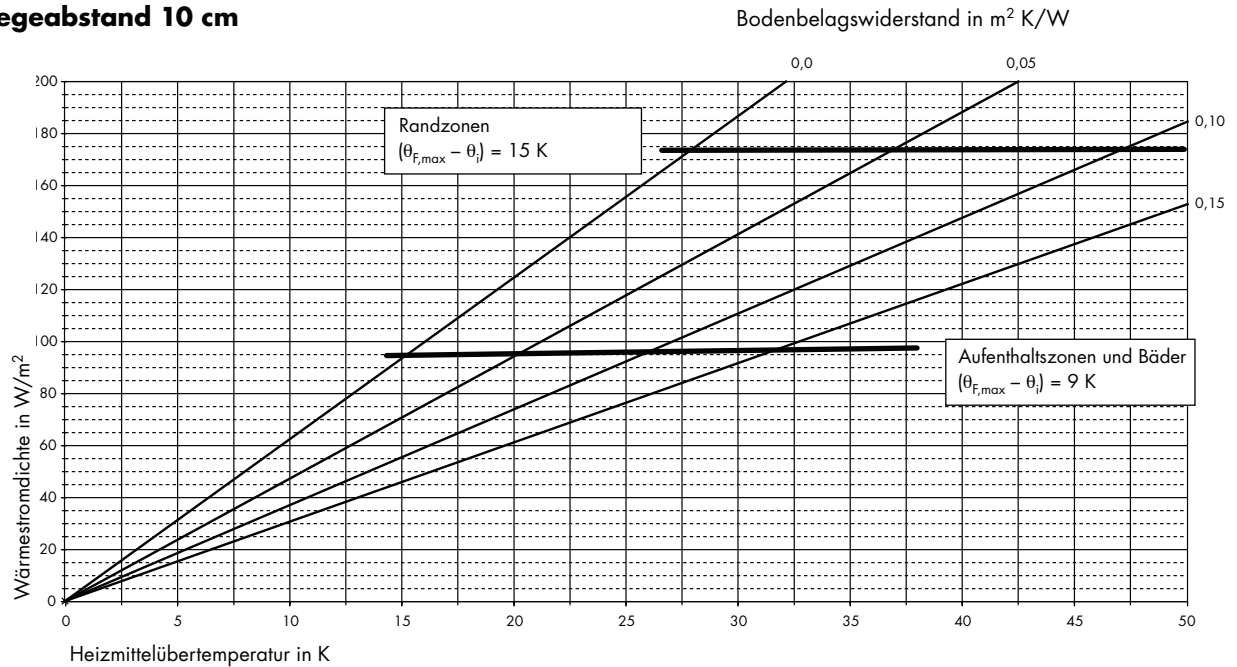
Prüfbericht Nr. HB00P065, DIN- CERTCO 7F101

geprüft

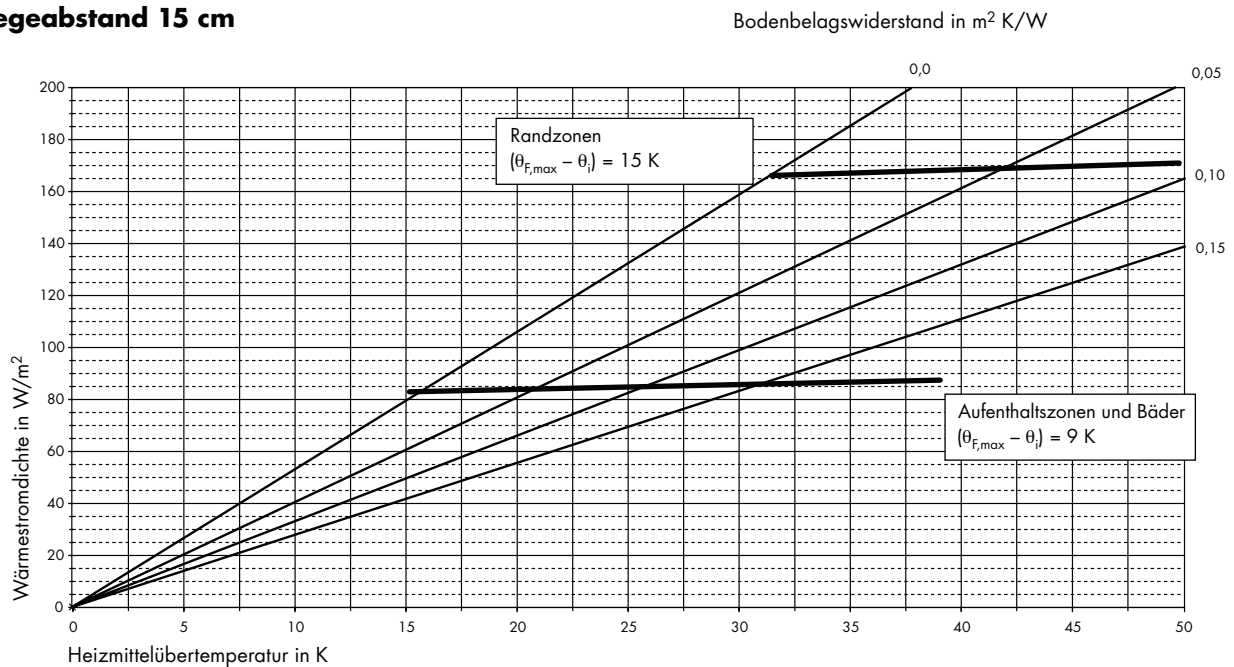
Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

PRINETO Noppenplattensystem

Verlegeabstand 10 cm



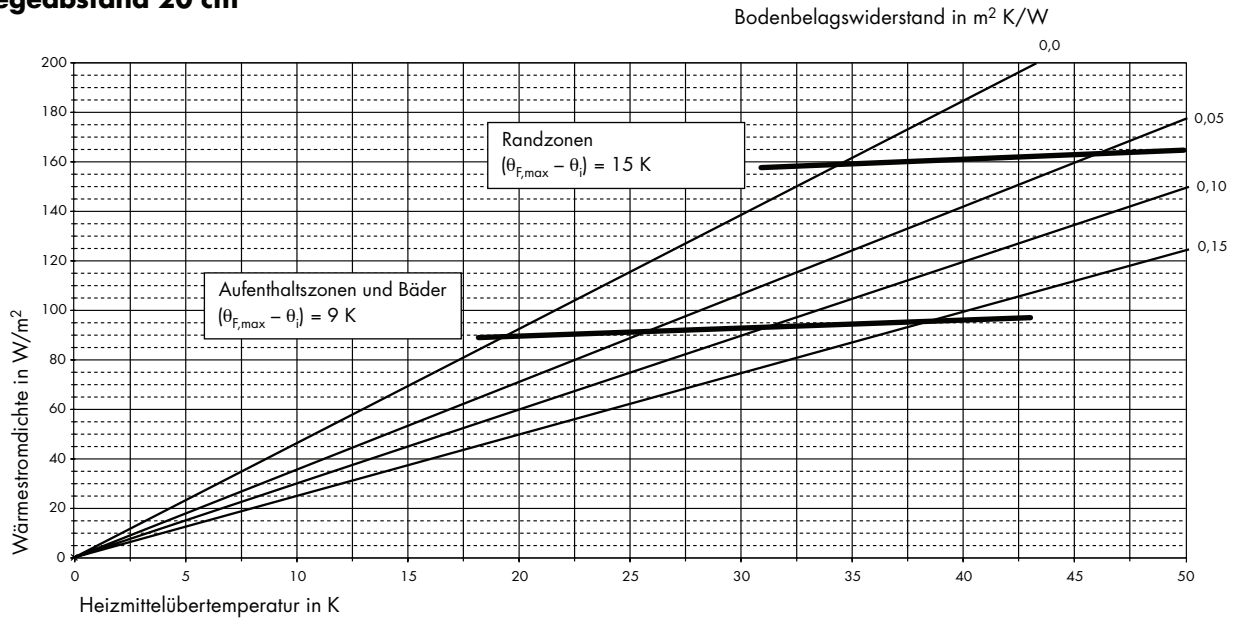
Verlegeabstand 15 cm



Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

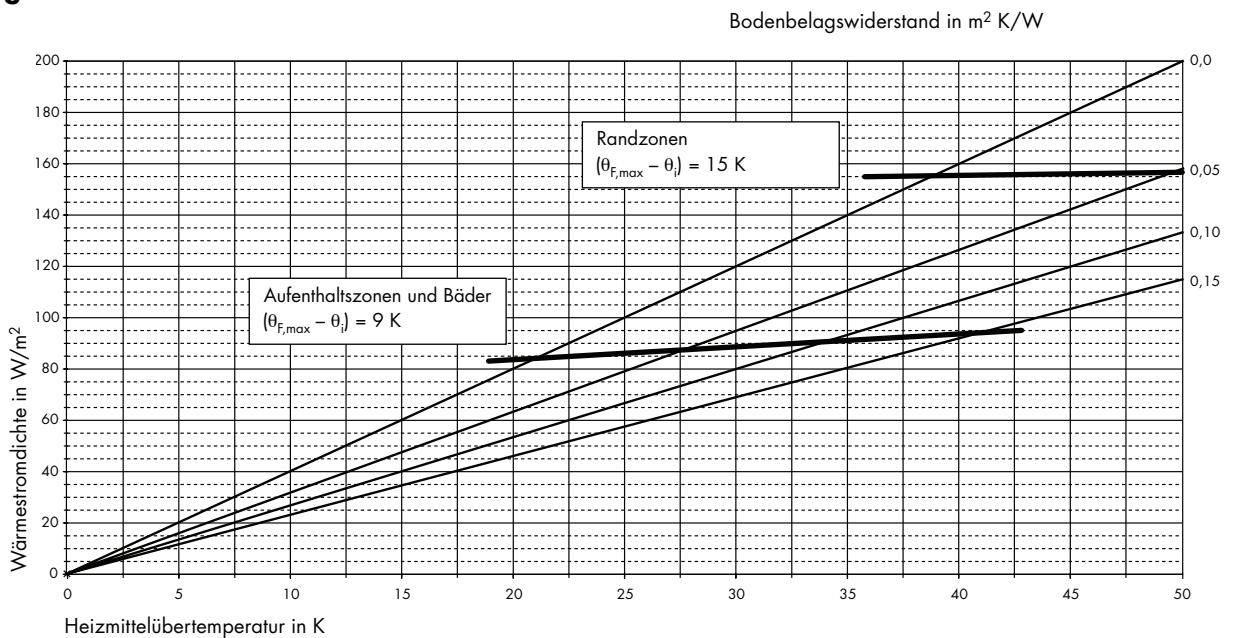
PRINETO Noppenplattensystem

Verlegeabstand 20 cm



7

Verlegeabstand 25 cm

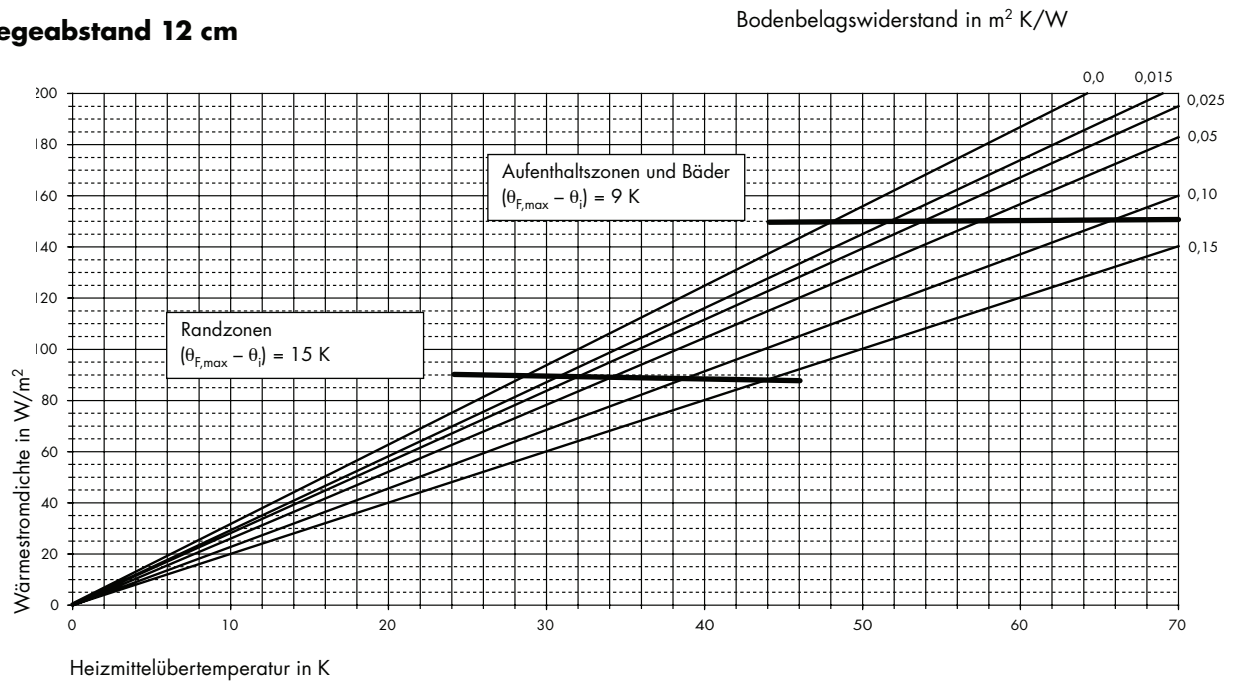


Fußbodenheizung

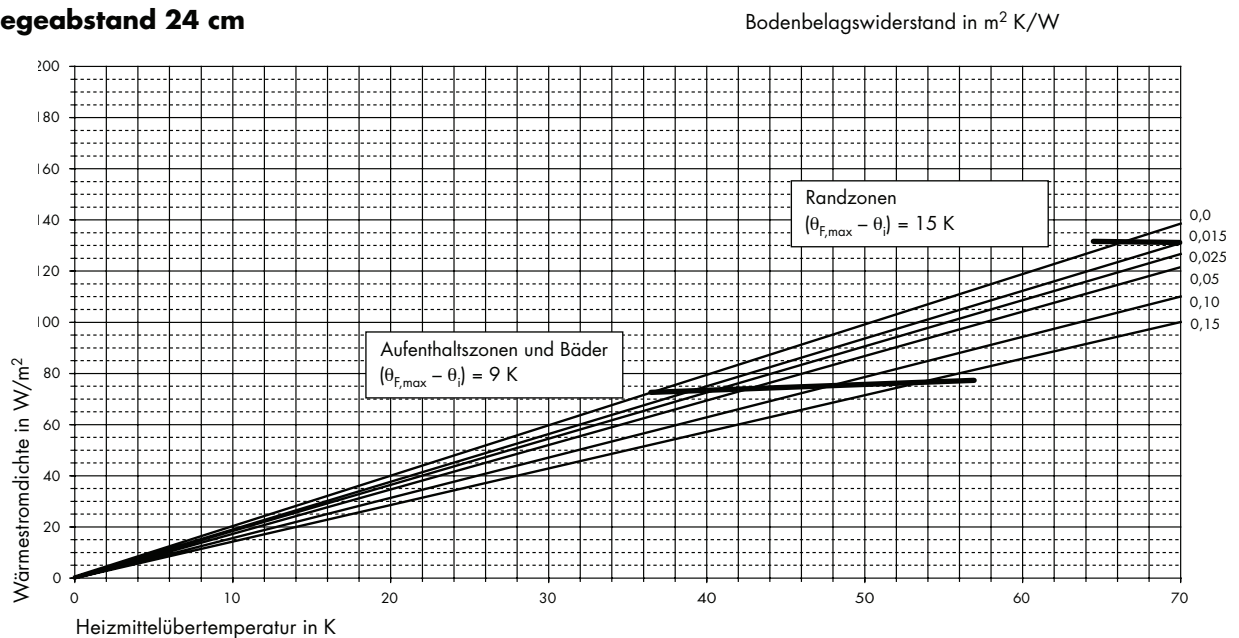
Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

PRINETO Trockensystem

Verlegeabstand 12 cm



Verlegeabstand 24 cm



Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

■ Druckverlusttabellen

Druckverluste der Dimension 12 x 2,0 [FHR]

Spreizung	3 K				5 K				7 K			
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C
20	5,73	0,03	4,45	5,13	3,44	0,02	1,82	2,10	2,46	0,01	1,01	1,17
40	11,46	0,06	14,95	17,27	6,88	0,04	6,12	7,06	4,91	0,03	3,39	3,92
60	17,20	0,10	30,40	35,12	10,32	0,06	12,43	14,36	7,37	0,04	6,90	7,97
80	22,93	0,13	50,29	58,10	13,76	0,08	20,57	23,76	9,83	0,05	11,42	13,19
100	28,66	0,16	74,31	85,85	17,20	0,10	30,40	35,12	12,28	0,07	16,87	19,49
120	34,39	0,19	102,25	118,11	20,64	0,11	41,82	48,31	14,74	0,08	23,21	26,81
140	40,13	0,22	133,91	154,69	24,08	0,13	54,77	63,27	17,20	0,10	30,40	35,12
160	45,86	0,25	169,16	195,41	27,52	0,15	69,19	79,93	19,65	0,11	38,40	44,36
180	51,59	0,29	207,88	240,14	30,95	0,17	85,03	98,23	22,11	0,12	47,19	54,51
200	57,32	0,32	249,96	288,76	34,39	0,19	102,25	118,11	24,57	0,14	56,74	65,55
220	63,06	0,35	295,34	341,17	37,83	0,21	120,80	139,55	27,02	0,15	67,04	77,45
240	68,79	0,38	343,91	397,29	41,27	0,23	140,67	162,51	29,48	0,16	78,07	90,19
260	74,52	0,41	395,62	457,02	44,71	0,25	161,82	186,94	31,94	0,18	89,81	103,75
280	80,25	0,44	450,40	520,31	48,15	0,27	184,23	212,83	34,39	0,19	102,25	118,11
300	85,98	0,48	508,20	587,08	51,59	0,29	207,88	240,14	36,85	0,20	115,37	133,27
320	91,72	0,51	568,97	657,27	55,03	0,30	232,73	268,85	39,31	0,22	129,16	149,21
340					58,47	0,32	258,78	298,94	41,76	0,23	143,62	165,91
360					61,91	0,34	286,00	330,39	44,22	0,24	158,73	183,36
380					65,35	0,36	314,39	363,18	46,68	0,26	174,48	201,56
400					68,79	0,38	343,91	397,29	49,13	0,27	190,86	220,48
420					72,23	0,40	374,56	432,70	51,59	0,29	207,88	240,14
440					75,67	0,42	406,33	469,40	54,05	0,30	225,51	260,50
460					79,11	0,44	439,20	507,37	56,50	0,31	243,75	281,58
480					82,55	0,46	473,17	546,60	58,96	0,33	262,60	303,35
500					85,98	0,48	508,20	587,08	61,42	0,34	282,04	325,81
520					89,42	0,49	544,31	628,79	63,87	0,35	302,08	348,96
540					92,86	0,51	581,47	671,72	66,33	0,37	322,71	372,79
560									68,79	0,38	343,91	397,29
580									71,24	0,39	365,69	422,45
600									73,70	0,41	388,04	448,27
620									76,16	0,42	410,96	474,74
640									78,61	0,43	434,44	501,87
660									81,07	0,45	458,48	529,63
680									83,53	0,46	483,07	558,04
700									85,98	0,48	508,20	587,08
720									88,44	0,49	533,89	616,74
740									90,90	0,50	560,11	647,04

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Druckverluste der Dimension 14 x 2,0 [Stabil-Rohr und FHR]

Spreizung Q [W]	3 K				5 K				7 K			
	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C
100	28,66	0,10	25,75	29,74	17,20	0,06	10,53	12,17	12,28	0,04	5,85	6,75
120	34,39	0,12	35,43	40,92	20,64	0,07	14,49	16,74	14,74	0,05	8,04	9,29
140	40,13	0,14	46,40	53,60	24,08	0,09	18,98	21,92	17,20	0,06	10,53	12,17
160	45,86	0,16	58,61	67,70	27,52	0,10	23,97	27,69	19,65	0,07	13,30	15,37
180	51,59	0,18	72,02	83,20	30,95	0,11	29,46	34,03	22,11	0,08	16,35	18,89
200	57,32	0,20	86,61	100,05	34,39	0,12	35,43	40,92	24,57	0,09	19,66	22,71
220	63,06	0,22	102,33	118,21	37,83	0,13	41,86	48,35	27,02	0,10	23,23	26,83
240	68,79	0,24	119,16	137,65	41,27	0,15	48,74	56,30	29,48	0,10	27,05	31,25
260	74,52	0,26	137,07	158,35	44,71	0,16	56,07	64,77	31,94	0,11	31,12	35,95
280	80,25	0,28	156,06	180,28	48,15	0,17	63,83	73,74	34,39	0,12	35,43	40,92
300	85,98	0,30	176,08	203,41	51,59	0,18	72,02	83,20	36,85	0,13	39,97	46,18
320	91,72	0,32	197,14	227,73	55,03	0,19	80,64	93,15	39,31	0,14	44,75	51,70
340	97,45	0,34	219,20	253,22	58,47	0,21	89,66	103,58	41,76	0,15	49,76	57,48
360	103,18	0,36	242,26	279,86	61,91	0,22	99,09	114,47	44,22	0,16	55,00	63,53
380	108,91	0,39	266,30	307,63	65,35	0,23	108,93	125,83	46,68	0,17	60,45	69,83
400	114,65	0,41	291,31	336,52	68,79	0,24	119,16	137,65	49,13	0,17	66,13	76,39
420	120,38	0,43	317,28	366,52	72,23	0,26	129,78	149,92	51,59	0,18	72,02	83,20
440	126,11	0,45	344,19	397,61	75,67	0,27	140,79	162,64	54,05	0,19	78,13	90,26
460	131,84	0,47	372,03	429,77	79,11	0,28	152,18	175,79	56,50	0,20	84,45	97,56
480	137,58	0,49	400,80	463,00	82,55	0,29	163,94	189,39	58,96	0,21	90,98	105,10
500	143,31	0,51	430,48	497,29	85,98	0,30	176,08	203,41	61,42	0,22	97,72	112,89
520					89,42	0,32	188,59	217,86	63,87	0,23	104,66	120,91
540					92,86	0,33	201,47	232,74	66,33	0,23	111,81	129,16
560					96,30	0,34	214,71	248,03	68,79	0,24	119,16	137,65
580					99,74	0,35	228,31	263,74	71,24	0,25	126,70	146,37
600					103,18	0,36	242,26	279,86	73,70	0,26	134,45	155,32
620					106,62	0,38	256,57	296,39	76,16	0,27	142,39	164,49
640					110,06	0,39	271,23	313,32	78,61	0,28	150,53	173,89
660					113,50	0,40	286,23	330,66	81,07	0,29	158,85	183,51
680					116,94	0,41	301,58	348,39	83,53	0,30	167,37	193,35
700					120,38	0,43	317,28	366,52	85,98	0,30	176,08	203,41
720					123,82	0,44	333,31	385,04	88,44	0,31	184,98	213,69
740					127,26	0,45	349,68	403,95	90,90	0,32	194,07	224,18
760					130,70	0,46	366,39	423,25	93,35	0,33	203,34	234,90
780					134,14	0,47	383,43	442,94	95,81	0,34	212,79	245,82
800					137,58	0,49	400,80	463,00	98,27	0,35	222,43	256,96
820					141,01	0,50	418,50	483,45	100,72	0,36	232,26	268,30

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Fortsetzung Druckverluste der Dimension 14 x 2,0 [Stabil-Rohr und FHR]

Spreizung	3 K				5 K				7 K				
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C
840										103,18	0,36	242,26	279,86
860										105,64	0,37	252,44	291,62
880										108,09	0,38	262,81	303,60
900										110,55	0,39	273,35	315,77
920										113,01	0,40	284,07	328,16
940										115,46	0,41	294,96	340,74
960										117,92	0,42	306,03	353,53
980										120,38	0,43	317,28	366,52
1.000										122,84	0,43	328,70	379,71
1.020										125,29	0,44	340,29	393,10

Druckverluste der Dimension 16 x 2,0 [PE-MDX]

Spreizung	3				5				7				
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C
200	57,32	0,14	36,43	42,08	34,39	0,08	14,90	17,21	24,57	0,06	8,27	1100,29	9,55
230	65,92	0,16	46,52	53,74	39,55	0,10	19,03	21,98	28,25	0,07	10,56	1265,34	12,20
260	74,52	0,18	57,66	66,60	44,71	0,11	23,58	27,24	31,94	0,08	13,09	1430,38	15,12
290	83,12	0,20	69,80	80,63	49,87	0,12	28,55	32,98	35,62	0,09	15,84	1595,43	18,30
320	91,72	0,23	82,92	95,79	55,03	0,14	33,92	39,18	39,31	0,10	18,82	1760,47	21,74
350	100,32	0,25	97,00	112,05	60,19	0,15	39,68	45,83	42,99	0,11	22,02	1925,51	25,44
380	108,91	0,27	112,01	129,40	65,35	0,16	45,82	52,93	46,68	0,11	25,43	2090,56	29,37
410	117,51	0,29	127,94	147,80	70,51	0,17	52,33	60,46	50,36	0,12	29,04	2255,60	33,55
440	126,11	0,31	144,77	167,24	75,67	0,19	59,22	68,41	54,05	0,13	32,86	2420,65	37,96
470	134,71	0,33	162,49	187,70	80,83	0,20	66,46	76,78	57,73	0,14	36,89	2585,69	42,61
500	143,31	0,35	181,07	209,17	85,98	0,21	74,06	85,56	61,42	0,15	41,10	2750,73	47,48
530	151,91	0,37	200,51	231,62	91,14	0,22	82,01	94,74	65,10	0,16	45,52	2915,78	52,58
560	160,50	0,39	220,79	255,05	96,30	0,24	90,31	104,33	68,79	0,17	50,12	3080,82	57,90
590	169,10	0,42	241,90	279,44	101,46	0,25	98,95	114,30	72,47	0,18	54,91	3245,86	63,44
620	177,70	0,44	263,83	304,78	106,62	0,26	107,92	124,67	76,16	0,19	59,89	3410,91	69,19
650	186,30	0,46	286,58	331,05	111,78	0,27	117,22	135,41	79,84	0,20	65,06	3575,95	75,15
680	194,90	0,48	310,12	358,25	116,94	0,29	126,85	146,54	83,53	0,21	70,40	3741,00	81,33
710	203,50	0,50	334,46	386,37	122,10	0,30	136,81	158,04	87,21	0,21	75,93	3906,04	87,71
740					127,26	0,31	147,08	169,91	90,90	0,22	81,63	4071,08	94,30
770					132,42	0,33	157,68	182,15	94,58	0,23	87,51	4236,13	101,09
800					137,58	0,34	168,58	194,75	98,27	0,24	93,56	4401,17	108,08
830					142,73	0,35	179,80	207,71	101,95	0,25	99,79	4566,22	115,27
860					147,89	0,36	191,33	221,02	105,64	0,26	106,18	4731,26	122,66

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Fortsetzung Druckverluste der Dimension 16 x 2,0 [PE-MDX]

Spreizung	3				5				7					
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	
890					153,05	0,38	203,16	234,69		109,32	0,27	112,75	4896,30	130,25
920					158,21	0,39	215,30	248,71		113,01	0,28	119,48	5061,35	138,03
950					163,37	0,40	227,73	263,08		116,69	0,29	126,39	5226,39	146,00
980					168,53	0,41	240,47	277,79		120,38	0,30	133,45	5391,44	154,16
1.010					173,69	0,43	253,50	292,84		124,06	0,30	140,68	5556,48	162,52
1.040					178,85	0,44	266,82	308,23		127,75	0,31	148,08	5721,52	171,06
1.070					184,01	0,45	280,43	323,96		131,43	0,32	155,63	5886,57	179,79
1.100					189,17	0,46	294,34	340,02		135,12	0,33	163,35	6051,61	188,70
1.130					194,33	0,48	308,53	356,41		138,80	0,34	171,23	6216,66	197,80
1.160					199,48	0,49	323,00	373,13		142,49	0,35	179,26	6381,70	207,08
1.190					204,64	0,50	337,76	390,19		146,17	0,36	187,45	6546,74	216,54
1.220										149,86	0,37	195,80	6711,79	226,19
1.220										149,86	0,37	195,80	6711,79	226,19
1.250										153,54	0,38	204,30	6876,83	236,01
1.280										157,23	0,39	212,96	7041,88	246,01
1.310										160,91	0,40	221,77	7206,92	256,19
1.340										164,60	0,40	230,74	7371,96	266,55
1.370										168,28	0,41	239,85	7537,01	277,08
1.400										171,97	0,42	249,12	7702,05	287,78
1.430										175,65	0,43	258,54	7867,10	298,66
1.460										179,34	0,44	268,10	8032,14	309,71
1.490										183,02	0,45	277,82	8197,18	320,93
1.520										186,71	0,46	287,68	8362,23	332,33
1.550										190,39	0,47	297,69	8527,27	343,89
1.580										194,08	0,48	307,85	8692,32	355,62

7

Fußbodenheizung

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Druckverluste der Dimension 16 x 2,2 [Nanoflex, Heiz, Stabil]

Spreizung	3 K				5 K				7 K			
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C
200	57,32	0,15	42,79	49,44	34,39	0,09	17,50	20,22	24,57	0,06	9,71	11,22
230	65,92	0,17	54,65	63,13	39,55	0,10	22,35	25,82	28,25	0,07	12,41	14,33
260	74,52	0,20	67,73	78,24	44,71	0,12	27,70	32,00	31,94	0,08	15,38	17,76
290	83,12	0,22	81,99	94,72	49,87	0,13	33,54	38,74	35,62	0,09	18,61	21,50
320	91,72	0,24	97,41	112,52	55,03	0,14	39,84	46,03	39,31	0,10	22,11	25,54
350	100,32	0,26	113,95	131,63	60,19	0,16	46,61	53,84	42,99	0,11	25,87	29,88
380	108,91	0,29	131,58	152,00	65,35	0,17	53,82	62,18	46,68	0,12	29,87	34,51
410	117,51	0,31	150,30	173,62	70,51	0,19	61,48	71,02	50,36	0,13	34,12	39,41
440	126,11	0,33	170,07	196,46	75,67	0,20	69,56	80,36	54,05	0,14	38,61	44,60
470	134,71	0,35	190,88	220,50	80,83	0,21	78,08	90,19	57,73	0,15	43,33	50,05
500	143,31	0,38	212,70	245,72	85,98	0,23	87,00	100,51	61,42	0,16	48,29	55,78
530	151,91	0,40	235,54	272,09	91,14	0,24	96,34	111,30	65,10	0,17	53,47	61,77
560	160,50	0,42	259,36	299,62	96,30	0,25	106,09	122,55	68,79	0,18	58,88	68,01
590	169,10	0,44	284,16	328,27	101,46	0,27	116,23	134,27	72,47	0,19	64,51	74,52
620	177,70	0,47	309,93	358,03	106,62	0,28	126,77	146,45	76,16	0,20	70,36	81,28
650	186,30	0,49	336,65	388,90	111,78	0,29	137,70	159,07	79,84	0,21	76,42	88,28
680	194,90	0,51	364,31	420,85	116,94	0,31	149,02	172,14	83,53	0,22	82,70	95,54
710					122,10	0,32	160,71	185,65	87,21	0,23	89,19	103,03
740					127,26	0,33	172,78	199,60	90,90	0,24	95,89	110,77
770					132,42	0,35	185,23	213,97	94,58	0,25	102,80	118,75
800					137,58	0,36	198,04	228,77	98,27	0,26	109,91	126,96
830					142,73	0,38	211,22	244,00	101,95	0,27	117,22	135,41
860					147,89	0,39	224,76	259,64	105,64	0,28	124,74	144,09
890					153,05	0,40	238,66	275,70	109,32	0,29	132,45	153,01
920					158,21	0,42	252,91	292,16	113,01	0,30	140,36	162,15
950					163,37	0,43	267,52	309,04	116,69	0,31	148,47	171,51
980					168,53	0,44	282,48	326,32	120,38	0,32	156,77	181,10
1.010					173,69	0,46	297,79	344,00	124,06	0,33	165,27	190,91
1.040					178,85	0,47	313,44	362,08	127,75	0,34	173,95	200,95
1.070					184,01	0,48	329,43	380,56	131,43	0,35	182,83	211,20
1.100					189,17	0,50	345,76	399,43	135,12	0,36	191,89	221,67
1.130									138,80	0,36	201,14	232,36
1.160									142,49	0,37	210,58	243,26
1.190									146,17	0,38	220,20	254,38
1.220									149,86	0,39	230,01	265,71
1.250									153,54	0,40	240,00	277,25
1.280									157,23	0,41	250,17	289,00

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Fortsetzung Druckverluste der Dimension 16 x 2,2 [Nanoflex, Heiz, Stabil]

Spreizung	3 K				5 K				7 K			
	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C
1.310									160,91	0,42	260,52	300,95
1.340									164,60	0,43	271,05	313,12
1.370									168,28	0,44	281,76	325,49
1.400									171,97	0,45	292,65	338,06
1.430									175,65	0,46	303,71	350,84
1.460									179,34	0,47	314,95	363,83
1.490									183,02	0,48	326,36	377,01
1.520									186,71	0,49	337,94	390,39
1.550									190,39	0,50	349,70	403,98
1.580									194,08	0,51	361,63	417,76

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Druckverluste der Dimension 17 x 2,0 [FHR]

Spreizung	3				5				7			
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C
200	57,32	0,12	24,91	28,77	34,39	0,07	10,19	11,77	24,57	0,05	5,65	6,53
240	68,79	0,14	34,27	39,59	41,27	0,09	14,02	16,19	29,48	0,06	7,78	8,99
280	80,25	0,17	44,88	51,84	48,15	0,10	18,36	21,21	34,39	0,07	10,19	11,77
320	91,72	0,19	56,69	65,49	55,03	0,12	23,19	26,79	39,31	0,08	12,87	14,87
360	103,18	0,22	69,67	80,48	61,91	0,13	28,50	32,92	44,22	0,09	15,82	18,27
400	114,65	0,24	83,78	96,78	68,79	0,14	34,27	39,59	49,13	0,10	19,02	21,97
440	126,11	0,26	98,98	114,35	75,67	0,16	40,49	46,77	54,05	0,11	22,47	25,96
480	137,58	0,29	115,26	133,15	82,55	0,17	47,15	54,46	58,96	0,12	26,17	30,23
520	149,04	0,31	132,60	153,17	89,42	0,19	54,24	62,65	63,87	0,13	30,10	34,77
560	160,50	0,34	150,96	174,38	96,30	0,20	61,75	71,33	68,79	0,14	34,27	39,59
600	171,97	0,36	170,33	196,76	103,18	0,22	69,67	80,48	73,70	0,15	38,67	44,67
640	183,43	0,38	190,69	220,29	110,06	0,23	78,00	90,11	78,61	0,16	43,29	50,01
680	194,90	0,41	212,04	244,95	116,94	0,24	86,73	100,19	83,53	0,17	48,13	55,60
720	206,36	0,43	234,34	270,71	123,82	0,26	95,86	110,73	88,44	0,19	53,20	61,45
760	217,83	0,46	257,60	297,58	130,70	0,27	105,37	121,72	93,35	0,20	58,48	67,55
800	229,29	0,48	281,79	325,53	137,58	0,29	115,26	133,15	98,27	0,21	63,97	73,90
840	240,76	0,50	306,91	354,54	144,45	0,30	125,54	145,02	103,18	0,22	69,67	80,48
880					151,33	0,32	136,19	157,32	108,09	0,23	75,58	87,31
920					158,21	0,33	147,20	170,05	113,01	0,24	81,69	94,37
960					165,09	0,35	158,58	183,20	117,92	0,25	88,01	101,67
1.000					171,97	0,36	170,33	196,76	122,84	0,26	94,53	109,20
1.040					178,85	0,37	182,43	210,74	127,75	0,27	101,24	116,96
1.080					185,73	0,39	194,89	225,13	132,66	0,28	108,16	124,94
1.120					192,61	0,40	207,69	239,92	137,58	0,29	115,26	133,15
1.160					199,48	0,42	220,85	255,12	142,49	0,30	122,56	141,59
1.200					206,36	0,43	234,34	270,71	147,40	0,31	130,06	150,24
1.240					213,24	0,45	248,18	286,70	152,32	0,32	137,74	159,11
1.280					220,12	0,46	262,36	303,08	157,23	0,33	145,61	168,20
1.320					227,00	0,48	276,88	319,85	162,14	0,34	153,66	177,51
1.360					233,88	0,49	291,73	337,01	167,06	0,35	161,90	187,03
1.400					240,76	0,50	306,91	354,54	171,97	0,36	170,33	196,76
1.440									176,88	0,37	178,94	206,71
1.480									181,80	0,38	187,72	216,86
1.520									186,71	0,39	196,69	227,22

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Fortsetzung Druckverluste der Dimension 17 x 2,0 [FHR]

Spreizung	3				5				7			
	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C
1.600									196,54	0,41	215,17	248,56
1.640									201,45	0,42	224,67	259,54
1.680									206,36	0,43	234,34	270,71
1.720									211,28	0,44	244,20	282,09
1.760									216,19	0,45	254,22	293,67
1.800									221,10	0,46	264,42	305,45
1.840									226,02	0,47	274,79	317,43
1.880									230,93	0,48	285,32	329,61
1.920									235,84	0,49	296,03	341,98
1.960									240,76	0,50	306,91	354,54

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Druckverluste der Dimension 20 x 2,0 [FHR]

Spreizung	3				5				7			
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C
500	143,31	0,20	46,17	53,34	85,98	0,12	18,89	21,82	61,42	0,08	10,48	12,11
550	157,64	0,22	54,55	63,02	94,58	0,13	22,31	25,78	67,56	0,09	12,38	14,31
600	171,97	0,24	63,53	73,38	103,18	0,14	25,98	30,02	73,70	0,10	14,42	16,66
650	186,30	0,26	73,08	84,42	111,78	0,15	29,89	34,53	79,84	0,11	16,59	19,16
700	200,63	0,28	83,20	96,11	120,38	0,17	34,03	39,31	85,98	0,12	18,89	21,82
750	214,96	0,30	93,87	108,44	128,98	0,18	38,40	44,36	92,13	0,13	21,31	24,62
800	229,29	0,32	105,10	121,41	137,58	0,19	42,99	49,66	98,27	0,14	23,86	27,56
850	243,62	0,34	116,86	135,00	146,17	0,20	47,80	55,22	104,41	0,14	26,53	30,65
900	257,95	0,36	129,15	149,20	154,77	0,21	52,83	61,03	110,55	0,15	29,32	33,87
950	272,28	0,38	141,97	164,00	163,37	0,23	58,07	67,08	116,69	0,16	32,23	37,23
1.000	286,62	0,40	155,30	179,41	171,97	0,24	63,53	73,38	122,84	0,17	35,26	40,73
1.050	300,95	0,42	169,15	195,40	180,57	0,25	69,19	79,93	128,98	0,18	38,40	44,36
1.100	315,28	0,44	183,49	211,97	189,17	0,26	75,06	86,70	135,12	0,19	41,65	48,12
1.150	329,61	0,46	198,34	229,12	197,76	0,27	81,13	93,72	141,26	0,20	45,02	52,01
1.200	343,94	0,48	213,67	246,84	206,36	0,29	87,40	100,97	147,40	0,20	48,51	56,03
1.250	358,27	0,49	229,50	265,11	214,96	0,30	93,87	108,44	153,54	0,21	52,10	60,18
1.300	372,60	0,51	245,80	283,95	223,56	0,31	100,54	116,15	159,69	0,22	55,80	64,46
1.350					232,16	0,32	107,41	124,08	165,83	0,23	59,61	68,86
1.400					240,76	0,33	114,46	132,23	171,97	0,24	63,53	73,38
1.450					249,36	0,34	121,71	140,60	178,11	0,25	67,55	78,03
1.500					257,95	0,36	129,15	149,20	184,25	0,25	71,68	82,80
1.550					266,55	0,37	136,78	158,01	190,39	0,26	75,91	87,69
1.600					275,15	0,38	144,60	167,04	196,54	0,27	80,25	92,70
1.650					283,75	0,39	152,60	176,28	202,68	0,28	84,69	97,83
1.700					292,35	0,40	160,78	185,73	208,82	0,29	89,23	103,08
1.750					300,95	0,42	169,15	195,40	214,96	0,30	93,87	108,44
1.800					309,54	0,43	177,70	205,27	221,10	0,31	98,62	113,92
1.850					318,14	0,44	186,42	215,36	227,24	0,31	103,46	119,52
1.900					326,74	0,45	195,33	225,64	233,39	0,32	108,40	125,23
1.950					335,34	0,46	204,41	236,14	239,53	0,33	113,44	131,05
2.000					343,94	0,48	213,67	246,84	245,67	0,34	118,58	136,99
2.050					352,54	0,49	223,11	257,74	251,81	0,35	123,82	143,04
2.100					361,13	0,50	232,72	268,84	257,95	0,36	129,15	149,20
2.150									264,10	0,36	134,58	155,47

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Fortsetzung Druckverluste der Dimension 20 x 2,0 [FHR]

Spreizung	3				5				7			
	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C
2.200									270,24	0,37	140,11	161,85
2.250									276,38	0,38	145,73	168,34
2.300									282,52	0,39	151,44	174,95
2.350									288,66	0,40	157,25	181,66
2.400									294,80	0,41	163,15	188,47
2.450									300,95	0,42	169,15	195,40
2.500									307,09	0,42	175,23	202,43
2.550									313,23	0,43	181,41	209,57
2.600									319,37	0,44	187,68	216,81
2.650									325,51	0,45	194,05	224,16
2.700									331,65	0,46	200,50	231,62
2.750									337,80	0,47	207,04	239,17
2.800									343,94	0,48	213,67	246,84

7

Fußbodenheizung

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Druckverluste der Dimension 25 x 2,3 [FHR]

Spreizung	3				5				7			
	Q [W]	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C
1.000	286,62	0,24	48,98	56,58	171,97	0,15	20,03	23,14	122,84	0,10	11,12	12,84
1.080	309,54	0,26	56,04	64,74	185,73	0,16	22,92	26,48	132,66	0,11	12,72	14,70
1.160	332,47	0,28	63,51	73,36	199,48	0,17	25,98	30,01	142,49	0,12	14,42	16,65
1.240	355,40	0,30	71,37	82,44	213,24	0,18	29,19	33,72	152,32	0,13	16,20	18,72
1.320	378,33	0,32	79,62	91,98	227,00	0,19	32,57	37,62	162,14	0,14	18,07	20,88
1.400	401,26	0,34	88,25	101,95	240,76	0,20	36,10	41,70	171,97	0,15	20,03	23,14
1.480	424,19	0,36	97,27	112,36	254,51	0,22	39,79	45,96	181,80	0,15	22,08	25,51
1.560	447,12	0,38	106,65	123,21	268,27	0,23	43,63	50,40	191,62	0,16	24,21	27,97
1.640	470,05	0,40	116,41	134,48	282,03	0,24	47,62	55,01	201,45	0,17	26,43	30,53
1.720	492,98	0,42	126,53	146,16	295,79	0,25	51,75	59,79	211,28	0,18	28,72	33,18
1.800	515,91	0,44	137,01	158,27	309,54	0,26	56,04	64,74	221,10	0,19	31,10	35,93
1.880	538,84	0,46	147,84	170,78	323,30	0,27	60,47	69,86	230,93	0,20	33,56	38,77
1.960	561,77	0,48	159,02	183,70	337,06	0,29	65,05	75,14	240,76	0,20	36,10	41,70
2.040	584,69	0,50	170,55	197,02	350,82	0,30	69,76	80,59	250,58	0,21	38,72	44,73
2.120					364,57	0,31	74,62	86,20	260,41	0,22	41,41	47,84
2.200					378,33	0,32	79,62	91,98	270,24	0,23	44,19	51,04
2.280					392,09	0,33	84,75	97,91	280,06	0,24	47,04	54,34
2.360					405,85	0,34	90,03	104,00	289,89	0,25	49,96	57,72
2.440					419,60	0,36	95,43	110,25	299,72	0,25	52,96	61,18
2.520					433,36	0,37	100,98	116,65	309,54	0,26	56,04	64,74
2.600					447,12	0,38	106,65	123,21	319,37	0,27	59,19	68,38
2.680					460,88	0,39	112,46	129,92	329,20	0,28	62,41	72,10
2.760					474,63	0,40	118,40	136,78	339,02	0,29	65,71	75,91
2.840					488,39	0,42	124,48	143,79	348,85	0,30	69,08	79,80
2.920					502,15	0,43	130,68	150,96	358,68	0,30	72,52	83,78
3.000					515,91	0,44	137,01	158,27	368,51	0,31	76,03	87,84
3.080					529,66	0,45	143,46	165,73	378,33	0,32	79,62	91,98
3.160					543,42	0,46	150,05	173,33	388,16	0,33	83,27	96,20
3.240					557,18	0,47	156,76	181,09	397,99	0,34	87,00	100,50
3.320					570,94	0,49	163,59	188,98	407,81	0,35	90,79	104,88
3.400					584,69	0,50	170,55	197,02	417,64	0,35	94,65	109,34
3.480									427,47	0,36	98,59	113,89
3.560									437,29	0,37	102,59	118,51
3.640									447,12	0,38	106,65	123,21

Planung und Auslegung der Fußbodenheizung

Fortsetzung Druckverluste der Dimension 25 x 2,3 [FHR]

Spreizung Q [W]	3				5				7			
	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C	m [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m] bei 40 °C	R [Pa/m] bei 15 °C
3.720									456,95	0,39	110,79	127,98
3.800									466,77	0,40	114,99	132,84
3.880									476,60	0,41	119,26	137,77
3.960									486,43	0,41	123,60	142,78
4.040									496,25	0,42	128,00	147,87
4.120									506,08	0,43	132,47	153,03
4.200									515,91	0,44	137,01	158,27
4.280									525,73	0,45	141,60	163,58
4.360									535,56	0,46	146,27	168,97
4.440									545,39	0,46	151,00	174,43
4.520									555,21	0,47	155,79	179,97
4.600									565,04	0,48	160,65	185,58
4.680									574,87	0,49	165,57	191,27