

Kapitel IV: Heizflächen

IV.1 Grundlagen für die Auslegung von Heizflächen

Angesprochene Normen:	DIN 4703 – 1 (12.99) Raumheizkörper Teil 1: Maße von Gliedheizkörpern
	DIN 4703 – 3 (10.00) Raumheizkörper Teil 3: Umrechnung der Norm-Wärmeleistung
	DIN 4704 – Teil 2, Teil 4, Teil 5 (alle 10.99) Wärmetechnische Untersuchung von Raumheizkörpern
	DIN 4725 – 200 (03.01), DIN EN 1264 – 1 - 3 (11.97) – 4 (12.01) Warmwasser-Fußbodenheizungen
	DIN 4724 (04.01), DIN 4726 (01.00) Rohrleitungen aus Kunststoff für Warmwasser-Fußbodenheizungen
	DIN EN 442 – Teil 1 – 3 (12.03) Radiatoren und Konvektoren

Für die Beheizung der Räume bietet uns die Industrie eine vielfältige Palette von Heizflächen an. Neben den unterschiedlichsten Formen und Abmessungen aus allen gängigen Materialien als Standardmodelle, werden auch, je nach Bedarf, Sondermodelle gefertigt, die dem Architekten in der Gestaltung keine Wünsche offen lassen. Hierzu gehört auch die Farbgestaltung als Uni oder in Farbkombinationen.

Vielfach werden jedoch Standardmodelle gewählt, die in der überwiegenden Anzahl durch Normen in ihren Abmessungen und Leistungen festgelegt sind. Hierdurch ist eine Fabrikats unabhängige Planung möglich.

Die Heizflächen können in drei Untergruppen eingeteilt werden:

- in Radiatoren** ⇒ diese geben neben der Konvektion auch einen nennenswerten Teil ihrer Wärme durch Strahlung ab (Gliederheizkörper, Plattenheizkörper usw.),
- in Konvektoren** ⇒ die Wärme wird fast ausschließlich durch Konvektion abgegeben (statische Konvektoren, Gebläsekonvektoren u.ä.),
- in Flächenheizungen** ⇒ hier wird die Wärme fast ausschließlich durch Strahlung abgegeben (Fußbodenheizung, Deckenstrahlheizung usw.).

Für die Auslegung der Heizfläche eines Raumes ist die zu ermittelnde Heizlast Φ_{HL} des Raumes maßgeblich, wobei die Art der Heizfläche vorerst ohne Bedeutung ist.

IV.2 Massenströme und Wärmeleistungen von Heizflächen

Für die Auslegung der Heizflächen müssen zwei weitere Größen ermittelt werden. Bevor jedoch mit der Auslegung der Heizflächen begonnen wird, sind die Systemtemperaturen (Vorlauf- und Rücklauf-Temperaturen) festzulegen. Die Systemtemperaturen gelten für das gesamte Heizsystem (bei kleineren Anlagen) bzw. jeweils für ein gesamtes Regelsystem. Das bedeutet, dass alle zugehörigen Heizflächen bzw. Wärmetauscher für diese Temperaturen ausgelegt werden müssen.

Gängige Systemtemperaturen sind (Vorlauftemperatur / Rücklauftemperatur):

- nach alter Norm: 90 / 70 °C (Auslegungsparameter in Altbauten)
- nach neuer Norm: 75 / 65 °C
- Niedertemperatur: 70 / 50 °C ÷ 70 / 55 °C
- Brennwert: 60 / 45 °C ÷ 55 / 45 °C
- Fußbodenheizung.: 45 / 35 °C

IV.2.1 Der Massenstrom

Jeweils ausgehend von der benötigten Heizlast des zu betrachtenden Raumes wird der **Massenstrom des Heizmediums** berechnet. Über den Massenstrom wird der Heizfläche die benötigte Energie zugeführt. Ermittelt wird diese Größe aus der allgemeinen Formel für den Wärmestrom:

Für Wasser gilt
$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta$$

- Hierin bedeuten:
- ⇒ Q = Wärmestrom in [Wh/h] entspricht Φ_{HL}
 - ⇒ m = Massenstrom in [kg/h]
 - ⇒ c_p = spez. Wärmekapazität für Wasser in [1,163 Wh/kg K]
 - ⇒ $\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz von ($\vartheta_V - \vartheta_R$) in [K]

Durch Umstellen der Formel kann der Massenstrom berechnet werden.

$$\dot{m} = \frac{Q}{1,163 \cdot (\vartheta_V - \vartheta_R)} \quad \text{in} \quad \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Aus der Formel ist erkennbar, dass die Größe des Massenstromes unmittelbar von der gewählten Temperaturdifferenz zwischen der Vorlauftemperatur und der Rücklauftemperatur abhängig ist:

Je größer die Temperaturdifferenz desto kleiner der Massenstrom.

- Der Massenstrom wird benötigt
- für die Rohrnetzberechnung und
 - für den hydraulischen Abgleich der Anlage.

IV.2.2 Die Wärmeleistung

Die **Wärmeleistung einer Heizfläche** ist zum einen abhängig von der mittleren Heizflächentemperatur zur Raumlufttemperatur, als auch von deren Bauform und Bauabmessungen. Die Leistungsabgabe wird durch Versuch ermittelt. Das hierzu anzuwendende Prüfverfahren wird in der **DIN 4704 und DIN EN 442** vorgegeben.

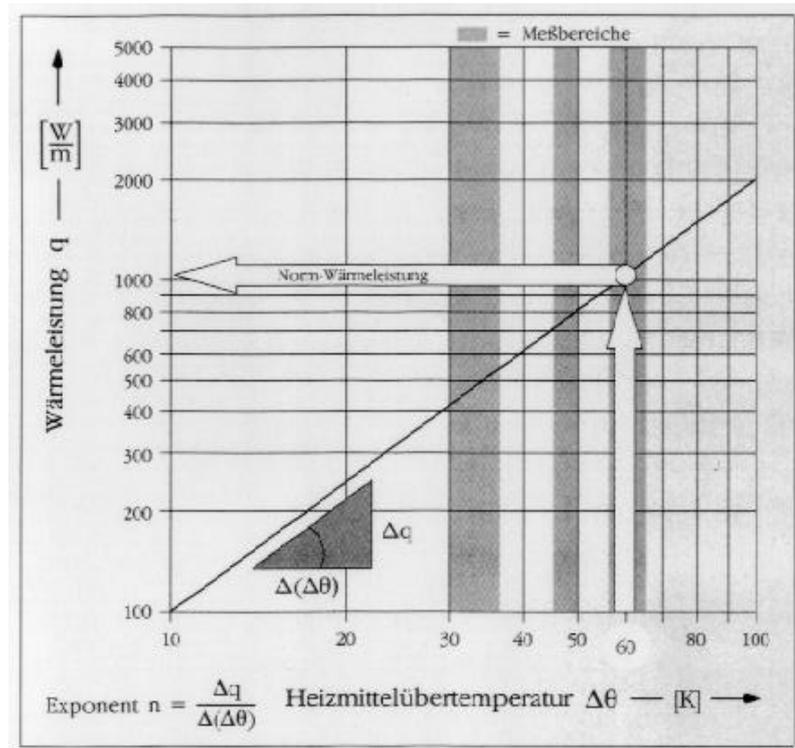
Für die Ermittlung werden folgende Bedingungen nach **DIN EN 442 –2** zugrunde gelegt:

Vorlauftemperatur:	$t_1 = 75^\circ\text{C}$
Rücklauftemperatur:	$t_2 = 65^\circ\text{C}$
Bezugs-Lufttemperatur:	$t_r = 20^\circ\text{C}$
Bezugsluftdruck:	$p_0 = 101,3 \text{ kPa}$
Normübertemperatur:	$\Delta T_n = 50 \text{ K (arithmetisch)}$

Mit dem Prüfverfahren werden über verschiedene Messreihen eine Leistungskurve ermittelt, die in einem doppelt - logarithmisch aufgebautem Diagramm eine Gerade ergibt. Der Steigungswinkel dieser Geraden ist ein Leistungsmerkmal für die Geometrie einer Heizfläche und wird als **Heizkörperexponent n** für jede Heizfläche angegeben. Bei einer Übertemperatur von $\Delta\theta = 50 \text{ K}$ wird die entsprechende Wärmeleistung abgelesen und als **Norm – Wärmeleistung** F_s ausgewiesen. In den technischen Unterlagen der Hersteller von Heizflächen sind neben den Baumaßen auch die Norm-Wärmeleistung der jeweiligen Heizfläche mit angegeben.

Verschiedene Heizflächenexponenten:	- Fußbodenheizung:	$n = 1,0 - 1,05$
	- Flachheizkörper:	$n = 1,26 - 1,33$
	- Handtuchradiatoren:	$n = 1,20 - 1,30$
	- Heizkörper nach DIN 4703:	$n = 1,30$
	- Konvektoren:	$n = 1,30 - 1,50$

Norm-Kennlinie (nach der alten Norm mit einem $\Delta\theta$ von 60 K)



Werden von der **Norm abweichende Systemtemperaturen** gewählt, sind die Wärmeleistungen der Heizflächen neu zu bestimmen. Diese Umrechnung erfolgt nach dem in der **DIN 4703 Teil 3** aufgeführten Berechnungsverfahren. Hierbei wird das Verhältnis der mittleren Übertemperatur zur Norm – Temperatur gebildet und mit dem entsprechenden Heizflächenexponenten n ein **Umrechnungsfaktor ermittelt**.

Für die Bestimmung der mittleren Übertemperatur bietet die DIN zwei Verfahren an; die arithmetisch gemittelte Übertemperatur oder die logarithmisch gemittelte Übertemperatur. Die arithmetisch gemittelte Übertemperatur ist jedoch nur für einen eingeschränkten Temperaturbereich zulässig. Daher sollte grundsätzlich die **Übertemperatur über das logarithmische Verfahren** ermittelt werden, zumal dieses Verfahren genauer ist und in der heutigen Zeit der elektronischen Taschenrechner und Computer keine Hürde sein dürfte.

Die Umrechnungsformel lautet wie folgt:

$$F = F_S \cdot \frac{\Delta T_{\ln}}{\Delta T_{\ln, n}}^n \quad \text{und} \quad \Delta T_{\ln} = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{t_1 - t_r}{t_2 - t_r}}$$

- Hierin bedeuten:
- Φ \Rightarrow Wärmeleistung der Heizfläche für die festgelegte Systemtemperatur
 - Φ_S \Rightarrow Norm – Wärmeleistung
 - ΔT_{\ln} \Rightarrow logarithmisch gemittelte Übertemperatur
 - $\Delta T_{\ln, n}$ \Rightarrow logarithmisch gemittelte Norm – Übertemperatur
 - n \Rightarrow Heizflächenexponent
 - t_1 \Rightarrow Vorlauftemperatur
 - t_2 \Rightarrow Rücklauftemperatur
 - t_r \Rightarrow Raumlufttemperatur

Die logarithmische **Norm – Übertemperatur** beträgt $\Delta T_{\ln, n} = 49,83$ K.

Eingesetzt in die Ausgangsgleichung ergibt es die nachfolgende Gleichung, wobei der Ausdruck innerhalb der spitzen Klammer dem Umrechnungsfaktor entspricht:

$$F = F_s \cdot \left\langle \frac{\Phi \cdot DT_{\ln} \cdot \ddot{o}^n}{49,83} \right\rangle \textcircled{R} \text{ Umrechnungsfaktor}$$

An einem Beispiel soll die Aussage nochmals verständlich gemacht werden.

Gegeben sei: Systemtemperaturen: 60 / 45 °C
Raumtemperatur: 20 °C
Heizkörperexponent: 1,30

$$DT_{\ln} = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{t_1 - t_r}{t_2 - t_r}} \quad \text{D} \quad DJ_{\ln} = \frac{60 - 45}{\ln \frac{60 - 20}{45 - 20}} = 31,91 \text{ K}$$

Eingesetzt in den Klammerausdruck einschl. dem Heizflächenexponenten ergibt einen Faktor von:

$$\left(\frac{31,91}{49,83} \right)^{1,30} = 0,56$$

Die neue Heizleistung beträgt danach ($\Phi_s = 100\%$): $F = F_s \cdot 0,56 = 56\%$

Das Ergebnis sagt folgendes aus: Wird eine von der Norm (75°/65°) abweichende Systemtemperatur von 60°/45°C gewählt, vermindert sich die Heizleistung der Heizfläche auf 56% der Norm – Heizleistung.

In den technischen Unterlagen von Heizflächen können die Faktoren zumeist aus Tabellen ermittelt werden, wobei der Faktor (meistens) als ein vielfaches des Normwertes ausgewiesen wird. Dieser Tabellenwert ergibt sich aus folgender Überlegung (ausgehend von der Grundgleichung und dem oben berechneten Faktor):

$$F = F_s \cdot 0,56 \quad \text{D} \quad \text{Umgestellt} \quad F_s = F / 0,56 \quad \text{D} \quad F_s = F \cdot 1 / 0,56$$

Der Faktor 1/0,56 ergibt den Zahlenwert 1,79, der in den Tabellen als Faktor (f oder F) wiederzufinden ist.

$$\text{Formel Beispiel:} \quad F_s = F \cdot 1,79$$

$$\text{Formel allgemein:} \quad F_s = F \cdot F$$

Hierin bedeuten: Φ_s \Rightarrow gesuchte Heizleistung für Normleistung
 Φ \Rightarrow Heizlast oder anteilige Heizlast des Raumes
F \Rightarrow Faktor für von der Norm abweichende Systemtemperaturen.

Bei den Ermittlungen der Faktoren und der Wärmeleistungen aus Tabellen sind folgende Punkte **unbedingt** zu beachten:

1. **Faktor:** Die Tabelle muss für die gewählte Heizfläche (Heizflächenexponent n) gültig sein.
2. **Wärmeleistung:** Die Ermittlung muss aus der Tabelle für Norm – Systemtemperaturen 75°/65°C und der Raumtemperatur 20°C erfolgen.

In den technischen Unterlagen von Herstellern und Lieferanten von Heizflächen sind vielfach die Tabellen für die Ermittlung des Faktors mit aufgeführt, so dass eine eigene Berechnung entfallen kann. Werden jedoch

Temperaturen gewählt, die nicht in den Tabellen aufgeführt sind, sind die Faktoren durch interpolieren bzw. Berechnungen zu ermitteln.

Vielfach bieten die Firmen auch Tabellen mit unterschiedlichen Systemtemperaturen an, aus denen die Wärmeleistungen ihrer Produkte direkt abgelesen werden können. In diesen Tabellen wurden die Umrechnungsparameter (Systemtemperaturen, Heizflächenexponent, Norm – Heizleistung) schon berücksichtigt. Die darin aufgeführten Wärmeleistungen entsprechen dem Wärmebedarf des Raumes. Nachfolgend ein Beispiel aus den Planungsunterlagen eines Herstellers:

Fabr. Buderus – Planungsunterlagen:

Kennwerte und Wärmeleistungen von Flachheizkörpern, Ausgabe 02/2002 (A4.10.3):

1. Beispiel einer Berechnungstabelle für die Bestimmung des Faktors F (n = 1,30):

Exponent $n = 1,30$

ϑ_r °C	Umrechnungsfaktor F für die Norm-Wärmeleistung bei abweichenden Heizmittel- und Lufttemperaturen																				
	Bei $\vartheta_v = 90$ °C			Bei $\vartheta_v = 75$ °C			Bei $\vartheta_v = 70$ °C			Bei $\vartheta_v = 65$ °C			Bei $\vartheta_v = 60$ °C			Bei $\vartheta_v = 55$ °C			Bei $\vartheta_v = 50$ °C		
	ϑ_l in °C			ϑ_l in °C			ϑ_l in °C			ϑ_l in °C			ϑ_l in °C			ϑ_l in °C			ϑ_l in °C		
	24	20	15	24	20	15	24	20	15	24	20	15	24	20	15	24	20	15	24	20	15
30	2,45	1,87	1,46	3,07	2,28	1,75	3,36	2,47	1,87	3,70	2,69	2,02	4,13	2,96	2,19	4,67	3,29	2,39	5,39	3,70	2,64
35	1,88	1,54	1,26	2,32	1,87	1,50	2,52	2,02	1,61	2,76	2,19	1,73	3,06	2,39	1,87	3,43	2,64	2,03	3,92	2,96	2,24
40	1,57	1,33	1,13	1,92	1,61	1,33	2,08	1,73	1,42	2,27	1,87	1,52	2,50	2,03	1,64	2,78	2,24	1,78	3,15	2,50	1,96
45	1,36	1,19	1,02	1,66	1,42	1,20	1,79	1,52	1,28	1,94	1,64	1,37	2,13	1,78	1,47	2,37	1,96	1,60	2,67	2,17	1,75
50	1,21	1,07	0,93	1,47	1,28	1,10	1,58	1,37	1,17	1,71	1,47	1,25	1,87	1,60	1,34	2,07	1,75	1,45			
55	1,10	0,98	0,87	1,32	1,17	1,01	1,42	1,25	1,08	1,54	1,34	1,15	1,68	1,45	1,23						
60	1,01	0,91	0,81	1,21	1,08	0,94	1,30	1,15	1,00	1,40	1,23	1,07									
65	0,93	0,85	0,76	1,12	1,00	0,88	1,19	1,07	0,94												
70	0,87	0,80	0,72	1,04	0,94	0,83															

6/1 Umrechnungsfaktor F in Abhängigkeit von den Systemtemperaturen und der Bezugslufttemperatur bei Heizkörperexponent $n = 1,30$

2. Beispiel: Wärmeleistungstabelle von Heizflächen

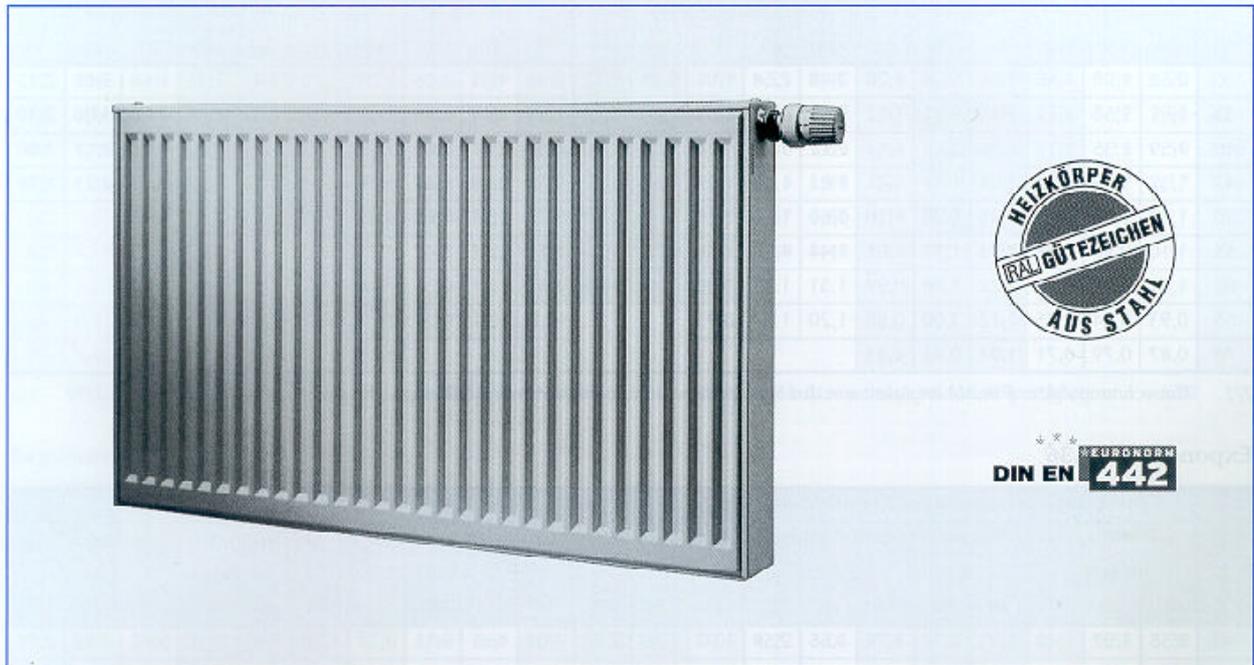
Systemtemperaturen $\vartheta_v/\vartheta_r = 75/65$ °C, Heizkörper-Bauhöhe 500 mm (Fortsetzung)

Flachheizkörper Logatrend VK-Profil K-Profil		Heizkörper-Wärmeleistung in W bei Bezugs-Lufttemperatur ϑ_l in °C														
		Bei $\vartheta_l = 20$ °C					Bei $\vartheta_l = 22$ °C					Bei $\vartheta_l = 24$ °C				
		Heizkörpertyp		Heizkörpertyp		Heizkörpertyp		Heizkörpertyp		Heizkörpertyp		Heizkörpertyp		Heizkörpertyp		Heizkörpertyp
Bau- höhe mm	Bau- länge mm	10	11	21	22	33	10	11	21	22	33	10	11	21	22	33
500	400	216	331	440	602	852	205	314	417	571	806	194	297	395	539	762
	500	270	414	551	753	1065	256	393	522	713	1008	243	371	493	674	952
	600	324	497	661	904	1277	307	471	626	856	1210	291	446	592	809	1143
	700	378	580	771	1054	1490	359	550	730	999	1411	340	520	691	944	1333
	800	432	662	881	1205	1703	410	628	835	1141	1613	388	594	789	1079	1524
	900	486	745	991	1355	1916	461	707	939	1284	1815	437	669	888	1214	1714
	1000	540	828	1101	1506	2129	512	785	1043	1427	2016	485	743	987	1348	1905
	1200	648	994	1321	1807	2555	615	942	1252	1712	2419	582	892	1184	1618	2286
	1400	756	1159	1541	2108	2981	717	1099	1461	1997	2823	679	1040	1381	1888	2667
	1600	864	1325	1762	2410	3406	820	1256	1670	2283	3226	776	1189	1579	2158	3048
	1800	972	1490	1982	2711	3832	922	1413	1878	2568	3629	873	1337	1776	2427	3429
	2000	1080	1656	2202	3012	4258	1025	1570	2087	2853	4032	970	1486	1973	2697	3810
2300	1242	1904	2532	3464	4897	1179	1806	2400	3281	4637	1116	1709	2269	3102	4381	
2600	1404	2153	2863	3916	5535	1332	2042	2713	3710	5242	1262	1932	2565	3506	4952	
3000	1620	2484	3303	4518	6387	1537	2356	3130	4280	6048	1456	2229	2960	4045	5714	

11/2 Wärmeleistungen (Fortsetzung von Tabelle 11/1) der Flachheizkörper Logatrend VK-Profil und K-Profil mit der Bauhöhe 500 mm bei Heizkreis-Systemtemperaturen 75/65 °C und unterschiedlichen Bezugs-Lufttemperaturen

3. Beispiel: Technische Daten von Heizflächen

2.1 Einsatzbereich, Exponenten und Kennwerte je Heizkörpermeter für Flachheizkörper Logatrend VK-Profil und K-Profil



8/1 Buderus-Flachheizkörper Logatrend VK-Profil mit serienmäßig integrierter Ventilgarnitur und Thermostatkopf (Zusatzausstattung)

Höhe H mm	Naben- abstand N mm	Typ	Exponent n	Wärmeleistung			Anstrich- fläche m ² /m	Wasser- inhalt l/m	Gewicht kg/m
				75/65/20 °C ¹⁾ W/m	70/55/20 °C W/m	55/45/20 °C W/m			
300	250	10	1,31	341	273	173	0,70	2,1	6,9
		11	1,28	539	434	278	1,84	2,1	9,4
		21	1,29	742	596	381	2,50	4,2	15,2
		22	1,29	1000	803	513	3,68	4,2	17,8
		33	1,31	1440	1153	732	5,52	6,4	26,8
400	350	10	1,29	442	355	227	0,94	2,7	9,2
		11	1,28	689	554	355	2,46	2,7	12,9
		21	1,30	925	742	473	3,33	5,2	20,6
		22	1,30	1260	1010	643	4,90	5,2	24,3
		33	1,32	1795	1435	909	7,36	7,9	36,4
500	450	10	1,27	540	435	280	1,17	3,2	11,4
		11	1,29	828	665	425	3,08	3,2	16,2
		21	1,31	1101	882	561	4,18	6,3	25,8
		22	1,32	1506	1205	763	6,16	6,3	30,6
		33	1,32	2129	1700	1073	9,25	9,4	45,8
600	550	10	1,25	633	512	331	1,40	3,8	13,6
		11	1,30	960	770	491	3,72	3,8	19,4
		21	1,31	1273	1018	645	5,04	7,3	30,8
		22	1,33	1741	1390	876	7,44	7,3	36,7
		33	1,33	2449	1953	1230	11,16	10,9	55,0
900	850	10	1,26	897	724	467	2,11	5,4	19,7
		11	1,30	1311	1051	668	5,63	5,4	27,9
		21	1,32	1782	1424	900	7,62	10,4	44,9
		22	1,34	2399	1910	1198	11,26	10,4	53,7
		33	1,33	3343	2666	1678	16,90	15,4	81,6

8/2 Technische Daten der Flachheizkörper Logatrend VK-Profil und K-Profil
1) Norm-Wärmeleistung nach DIN EN 442

Bei der Berechnung der Wärmeleistung von Heizflächen ist erkennbar, dass mit steigender gemittelter Übertemperatur die Heizleistung ansteigt. Liegt der Wert oberhalb der Normtemperatur, wird die Heizfläche

kleiner ausfallen als die Normgröße. Liegt der Wert unterhalb der Normtemperatur, ist immer ein Zuschlag zu berücksichtigen.

Die DIN geht bei der Leistungsbestimmung der Heizflächen von folgenden Anschlussbedingungen aus:

- einseitiger Anschluss, wobei der Vorlauf oben und der Rücklauf unten angeschlossen ist,
- wechselseitiger Anschluss mit Vorlauf oben und Rücklauf unten,
- anderer Anschluss mit einer Zwangsführung des Vorlaufs nach oben,
- freie Aufstellung der Heizfläche, so dass der Luftstrom nicht behindert wird.

Wird von diesen Anschlussbedingungen abgewichen, kann es zu Minderleistungen kommen, die gegebenenfalls noch berücksichtigt werden müssen. Auf dieses Thema wird später noch eingegangen.

IV.3 Beschreibungen der verschiedenen Heizflächenarten

IV.3.1 Radiatoren

Die Gruppe der Radiatoren bildet die größte Gruppe unter den Heizflächen. Nach DIN werden dieser Gruppe die Gliederheizkörper und die Plattenheizkörper zugeordnet.

Zuordnung:

Gliederheizkörper

- Stahlradiatoren
- Gussradiatoren
- Stahlrohrradiatoren

Plattenheizkörper (Flachheizkörper)

- einreihig bis mehrreihig,
- mit und ohne Konvektionsbleche

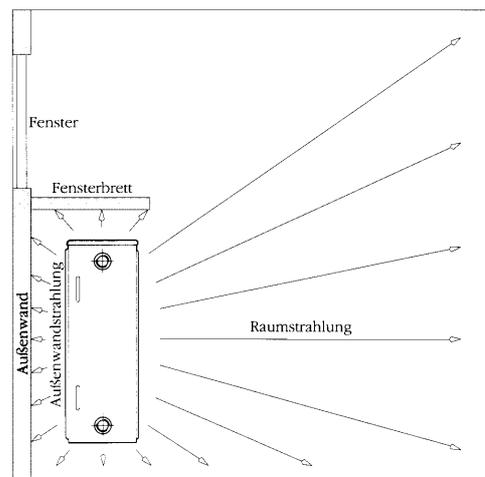
Die Radiatoren unterscheiden sich von den anderen Gruppen dadurch, dass sie ihre Wärmeleistungen sowohl **als Konvektionswärme** als auch zum großen Teil **als Strahlungswärme** abgeben. Die Strahlungsleistungen sind abhängig von der Oberflächentemperatur und der Ansichtsfläche des Radiators. Daher variiert der Strahlungsanteil innerhalb der Gruppe stark.

Der Strahlungsanteil steht jedoch nicht nur dem zu beheizenden Raum zur Verfügung, sondern ein Anteil wird rückseitig der (zumeist) Außenwand zugeführt. Diese Strahlung erhöht die Wandtemperatur und es kommt in diesem Bereich zu einem verstärkten Wärmetransport, der als Verlust angerechnet werden muss. Durch eine zusätzliche Dämmung an der Innenseite der Wand von 0,5 – 1,0 cm Dicke, gegebenenfalls mit einer reflektierenden Folie versehen, vermindert die Verluste auf ein Minimum.

In der nachfolgenden Tabelle sind die **Strahlungsanteile** der gebräuchlichsten Heizkörperarten als Anhaltswerte aufgeführt:

Heizkörpertyp	Strahlungsanteil s in Prozenzhundertstel bei Strahlung			
	in den Raum	an die Außen- wand	insge- samt	
Stahlglieder- heizkörper	0,28	0,10	0,38	
Gußglieder- heizkörper	0,26	0,10	0,36	
Schmalsäuler- Gliederheizkörper	0,26	0,11	0,37	
Stahlröhren- Glieder- heizkörper	2säulig	0,27	0,12	0,38
	4säulig	0,20	0,07	0,27
	6säulig	0,17	0,05	0,22
Gußglieder- heizkörper mit geschlossener Vorderfront	0,21	0,08	0,29	
Lamellenradiatoren	0,20	0,07	0,26	
Platten- heizkörper	1/0 *)	0,38	0,18	0,57
	1/1	0,25	0,11	0,36
	2/0	0,23	0,10	0,33
	2/1	0,20	0,08	0,28
	2/2	0,17	0,07	0,23
3/3	0,14	0,04	0,18	

*) Bei den genannten Typenbezeichnungen kennzeichnet die 1. Ziffer die Anzahl der Heizplatten und die 2. Ziffer die Zahl der Konvektorblechreihen.



Wärmestrahlung eines Heizkörpers

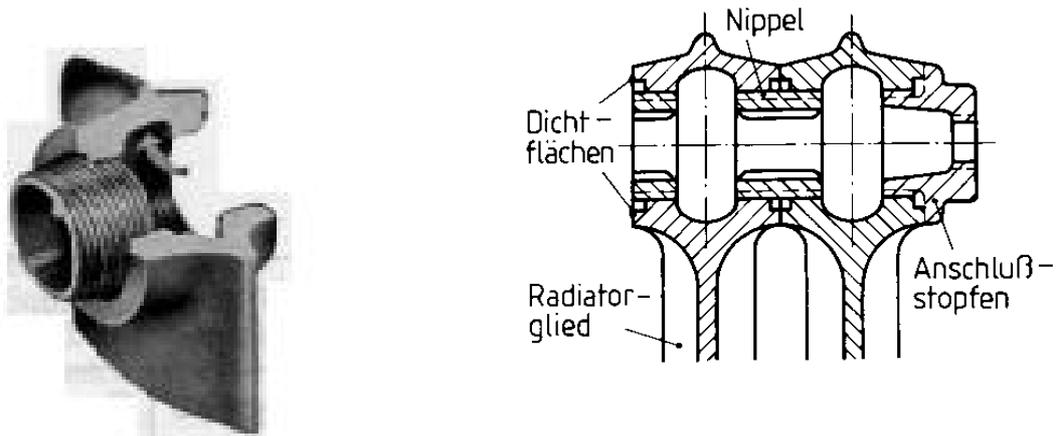
Verminderung der Verluste über die Außenwand durch Anbringen einer zusätzlichen Dämmung an der Innenseite der Wand.

IV 3.1.1 Der Stahlradiator

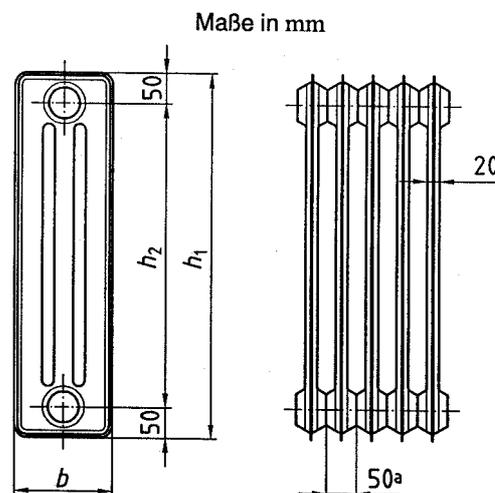
Der Stahlradiator besteht aus einzelnen Gliedern, die als zwei Schalen aus Stahlblech gestanzt und anschließend miteinander verschweißt werden. Entsprechend der benötigten Wärmeleistung werden die Glieder zu Blöcken als Heizkörper zusammengefügt. Jeder Heizkörper hat auf einer Seite ein Rechts-Innengewinde - 5/4“ und auf der anderen Seite ein Links-Innengewinde - 5/4“ als Anschluss an das Rohrnetz. Entsprechend werden diese Anschlüsse mit Anschlussstopfen für das Heizkörperventil und der Rücklaufverschraubung und die verbleibenden Anschlüsse mit einem, falls erforderlich, Luftschaubenstopfen und Blindstopfen versehen.

Blöcke bis zu 20 Glieder werden verschweißt geliefert. Werden Heizkörper mit mehr als 20 Gliedern benötigt, werden diese aus einzelnen verschweißten Blöcken zusammengestellt und miteinander verschraubt (vernippelt). Für das Verschrauben werden sogenannte Nippel verwendet. Dieses sind Gewindestücke mit einem Außengewinde – 5/4“ und auf der einen Seite als Rechts- und auf der anderen Seite als Linksgewinde ausgeführt. Durch diese Ausführung ist ein Verschrauben der Blöcke mittels einer Nippelstange möglich. Zur wasserseitigen Abdichtung der Blöcke an der Nippelstelle wird auf dem Nippel noch eine Dichtung geschoben.

Im nachfolgendem Bild ist eine Nippelverbindung dargestellt:



Die Abmessungen von Stahlradiatoren sind in der **DIN 4703 Teil 1** wiedergegeben:



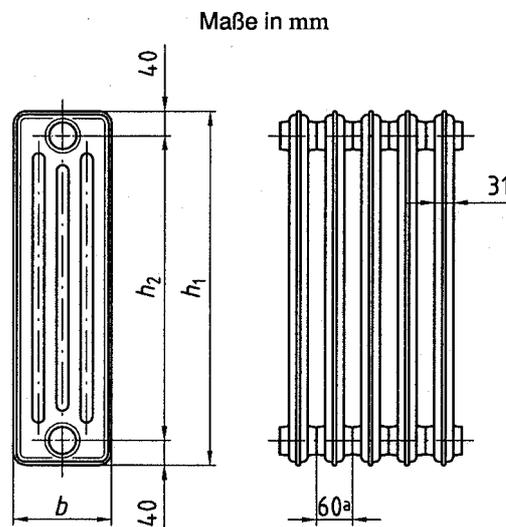
Bauhöhe h_1 mm	Nabenabstand h_2 mm	Bautiefe b mm	Gewicht je Glied $g^{1) +25\%}$ -12%	Oberfläche je Glied m^2
300	200	160	1020	0,105
		250	1540	0,160
450	350	70	—	—
		110	1050	0,105
		160	1460	0,155
		220	1990	0,210
600	500	70	—	—
		110	1370	0,140
		160	1960	0,205
		220	2680	0,285
1000	900	70	—	—
		110	2320	0,240
		160	3300	0,345
		220	4530	0,480

1) Die angegebenen Gewichte in Gramm beziehen sich auf Heizkörper ohne Nippel und Stopfen.

IV 3.1.2 Der Gussradiator

Der Gussradiator ist ähnlich wie der Stahlradiator aufgebaut. Bedingt jedoch durch seine Fertigung, die Glieder werden einzeln aus einem Spezialgusseisen gegossen, muss jedes Glied vernippelt werden.

Auch dessen Abmessungen sind in der **DIN 4703 Teil 1** wiedergegeben:



Bauhöhe h_1 mm	Nabenabstand h_2 mm	Bautiefe b mm	Gewicht je Glied $g^{1)} +10\% - 5\%$	Oberfläche je Glied m ²
280	200	250	4 700	0,185
430	350	70	2 300	0,090
		110	3 200	0,128
		160	4 300	0,185
		220	5 900	0,255
580	500	70	3 100	0,120
		110	4 500	0,180
		160	5 900	0,255
		220	7 500	0,345
680	600	160	7 000	0,306
980	900	70	5 200	0,205
		160	9 900	0,440
		220	13 000	0,580

1) Die angegebenen Gewichte in Gramm beziehen sich auf Heizkörper ohne Nippel und Stopfen.

Eine Variante des Gussradiators ist der **Gussstirnflächenradiator**. Er ist wie der Gussradiator aufgebaut, hat jedoch an der Vorderseite eine Stirnfläche, die ihm ein geschlossenes Aussehen verleihen. Sie werden ebenfalls in verschiedenen Bauhöhen und –tiefen hergestellt, wobei der Nabenabstand wie auch die Anschlussabmessungen mit denen der Norm-Gussradiatoren übereinstimmen. Die Leistungsdaten sind bei den Herstellern zu erfragen.

IV 3.1.3 Der Stahlrohr radiator (Stahlröhren radiator)

Den Stahlrohr radiator gibt es in zahlreichen Bauhöhen und Bautiefen und er ist daher für fast alle Gegebenheiten einsetzbar. Durch seine kantenlose Form wirkt er sehr ansprechend, gerade bei größeren Bauhöhen.

Die Glieder des Stahlrohr radiators bestehen aus senkrechten Rohren in zwei bis sechssäuliger Ausführungen, die oben und unten mit einem Sammler verschweißt werden. Stahlrohr radiatoren sind sehr hochdruckfest und für Drücke von 10 bis 12 bar geeignet.

Maße und Norm-Wärmeleistungen von Stahlröhrenradiatoren entsprechend DIN 4703

Bauhöhe H mm	Nabenabstand N mm	Norm-Wärmeleistung q_N in W/Glied bei Bautiefe T in mm				
		64 2säulig	101 3säulig	139 4säulig	177 5säulig	215 6säulig
190	128	19	27	35	41	47
300	230	29	41	53	64	76
350	280	34	48	63	74	88
400	330	38	55	70	85	100
450	380	44	62	78	97	113
500	430	49	69	87	107	126
550	480	55	74	95	117	138
600	530	59	81	104	127	151
750	680	74	101	128	157	184
900	830	90	119	150	185	219
1000	930	98	131	166	204	241
1100	1030	107	143	181	221	263
1200	1130	116	156	197	240	280
1500	1430	142	192	242	288	335
1800	1730	167	228	287	343	399
2000	1930	188	254	319	378	442
2500	2430	233	316	395	465	541
2800	2730	261	352	440	516	602

Modifizierte Ausführungen von Rohrradiatoren, die nicht in der obigen DIN aufgeführt sind, sind z.B.

- **Fensterbankradiatoren** (liegend angeordnete Rohrreihen mit einer Sitzfläche),
- **Raumteiler** (einreihige Stahlrohrradiatoren),
- **Handtuchradiatoren** (Badheizkörper, in die nasse Handtücher eingehängt werden können).

Bei den Handtuchradiatoren ist darauf zu achten, dass die Leistungsangaben auf die freie Heizfläche bezogen ist. Wird diese Heizfläche mit Handtüchern behangen, muss mit zum Teil erheblichen Leistungsminderungen (bei Überdeckung von über 50%) gerechnet werden. Dieser Tatsache muss bei der Beratung und Auslegung Rechnung getragen werden.

IV 3.1.4 Der Plattenheizkörper (Flachheizkörper)

Der Plattenheizkörper stellt ein über die ganze Fläche geschlossenes Flächenheizelement dar. Durch seine flache Bauweise ragen Plattenheizkörper nur wenig in den Raum hinein, so dass auf Nischen verzichtet werden kann. Sie lassen sich sehr vorteilhaft vor breiten Fensterflächen oder gedehnten Wandpartien flächenfüllend anordnen. Daher werden heute bereits Plattenheizkörper dominierend sowohl im Neubau als auch in der Altbauanierung eingesetzt. Durch das äußere, optisch in sich geschlossen wirkende Design gelten sie als architektonisch ausgewogenes, gern benutztes Gestaltungselement.

Von Plattenheizkörpern gibt es verschiedene Ausführungsarten. Sie sind in der **DIN 4703 Teil 1** nur zum Teil als genormt aufgeführt. Die DIN unterscheidet dabei glattwandige und profilierte Plattenheizkörper (siehe nachfolgenden Auszug aus der DIN 4703):

3 Plattenheizkörper

3.1 Maße und Norm-Wärmeleistungen

Die Norm-Wärmeleistungen nach Tabelle 5 gelten für glattwandige Plattenheizkörper mit einer Plattendicke von (25 ± 3) mm, Werte der Tabelle 6 für vertikal profilierte Plattenheizkörper mit einer Plattendicke von (18 ± 3) mm, deren Profilabwicklung mindestens 10% größer ist als die Plattenlänge und deren Profilhöhe mindestens gleich der Bauhöhe minus 100 mm ist.

Bei mehrreihigen Plattenheizkörpern muß der lichte Abstand zwischen den Platten mindestens 35 mm sein.

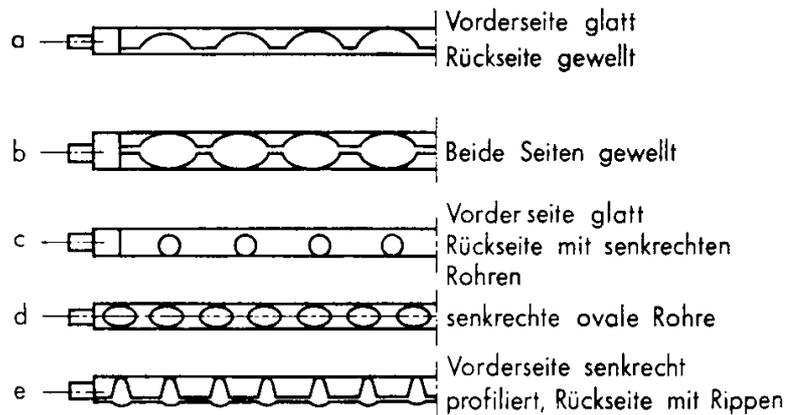
Tabelle 5. Norm-Wärmeleistung von glattwandigen Plattenheizkörpern

Bauhöhe in mm		200	300	400	500	600	700	800	900
\dot{p}_n in $\frac{W}{m}$	einreihig	267	400	525	650	773	893	1010	1125
	zweireihig	454	673	881	1078	1263	1436	1599	1750
	dreireihig	641	946	1237	1506	1753	1979	2188	2357

Tabelle 6. Norm-Wärmeleistung von senkrecht profilierten Plattenheizkörpern

Bauhöhe in mm		200	300	400	500	600	700	800	900	1000
\dot{p}_n in $\frac{W}{m}$	einreihig	294	425	556	684	810	935	1058	1180	1300
	zweireihig	500	727	945	1157	1360	1556	1744	1924	2093
	dreireihig	706	1029	1334	1630	1910	2177	2430	2668	2886

Flachradiatoren sind eine weit verbreitete Bauart von Plattenheizkörpern. Es sind einlagige Platten verschiedener Ausführungen und sind, bezogen auf die Heizleistung, die billigsten Heizkörper. In dem folgenden Beispiel sind verschiedene Ausführungsarten dargestellt. Aus der Darstellung ist erkennbar, dass die wasserführenden Kanäle von Plattenheizkörper sehr klein sind und dadurch das Gesamtgewicht gegenüber den übrigen Radiatoren verringert wird.



Die spezifische Längenleistung einer Einzelplatte ist allerdings relativ gering, die jedoch durch verschiedene Zusatzmaßnahmen gesteigert werden kann. Neben der Anordnung von mehrlagigen Platten erzielt man eine erhöhte Leistungssteigerung durch das Anbringen von Konvektionsblechen (Lamellen) auf der Rückseite der Platte. Diese **Konvektorplatten** gleichen auf der Vorderseite den Flachradiator.

Derartige Plattenheizkörper (allgemein auch als Flachheizkörper bezeichnet) gibt es in vielfältigen Bauarten. Durch die **vielen Variationsmöglichkeiten** von ein- und mehrreihigen Plattenelementen, ohne und mit Konvektionsschächten, in den verschiedenen Bauhöhen und den vielerlei Baulängen lässt sich für jeden Bedarfsfall und den vorhandenen Platz immer ein geeigneter Heizkörper auswählen.

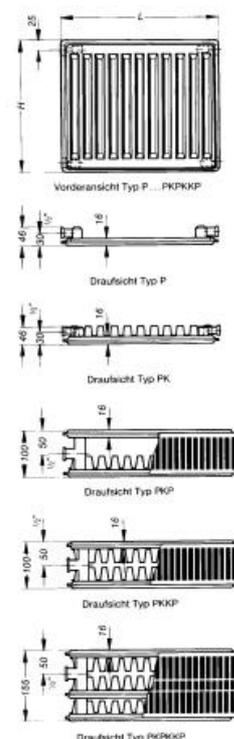
Aus den Kurzbezeichnungen in den jeweiligen Verkaufsunterlagen der Hersteller ist das Schema der Platten- und Konvektionsschachanordnungen – meist von vorn nach hinten betrachtet – zu ersehen. Mit den Bezeichnungen

- P** ⇒ für Heizkörperplatte mit beiderseitig profilierten Oberflächen,
- G** ⇒ für Heizkörperplatte mit glatter Vorderfront aber profilierter Rückseite,
- K** ⇒ für Konvektionsbleche

Werden vorwiegend folgende Kombinationen gebildet:

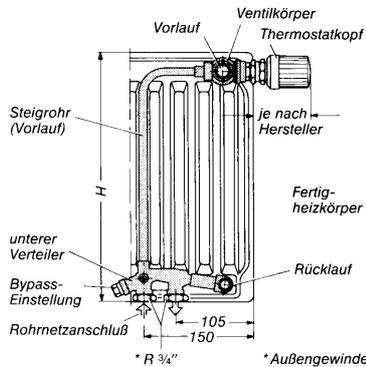
Kurzbezeichnung	Plattenreihen	Typ
P	Einreihig	10
PK	Einreihig	11
PKP	Zweireihig	21
PKKP	Zweireihig	22
PKPKP	Dreireihig	33
G	Einreihig	10
GK	Einreihig	11
GKP	Zweireihig	21
GKKP	Zweireihig	22
GKPKP	Dreireihig	33

Anschauungsbeispiel von Plattenheizkörpern

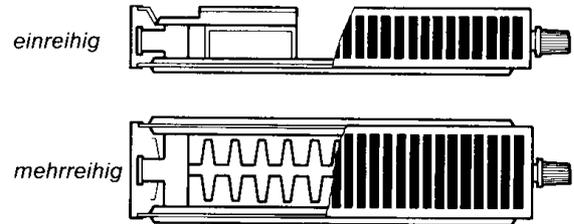


Mit der **Typennummer** kennzeichnet die erste Ziffer die parallel angeordnete Plattenanzahl und die zweite Ziffer die Anzahl der aufgeschweißten Konvektionsblechreihen.

Viele Hersteller bieten ihre Flachheizkörper auch als **Kompaktheizkörper oder Fertigheizkörper** an. An diesen Heizflächen sind die Seiten mit Verkleidungsblechen und die Oberseite mit einem Gitter versehen. Des weiteren können solche Heizflächen auch noch mit integrierten Armaturen für den Vorlauf und dem Rücklauf geliefert werden.



Anordnung von Thermostatköpfen bei Ventilgarnituren

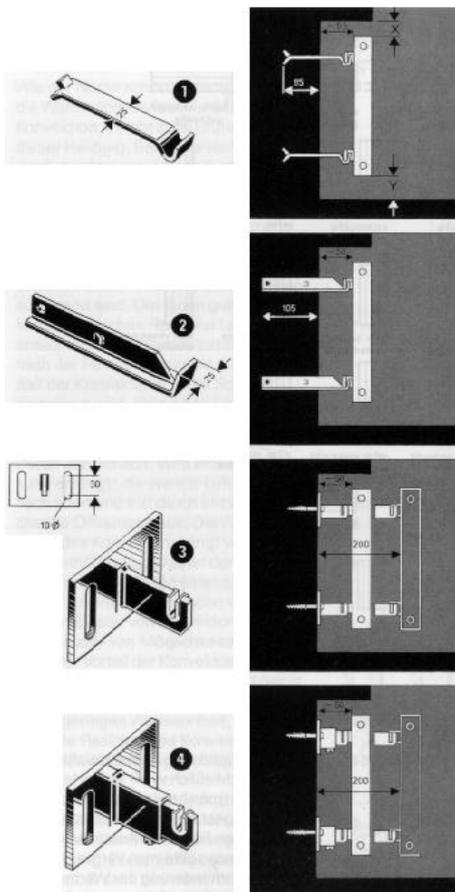


IV 3.1.5 Aufstellen und anschließen von Radiatoren

Die Montage der Heizkörper erfolgt in der Regel unterhalb der Fenster, um den Kaltlufteinfluss entgegenzuwirken. Für die Aufstellung und Befestigung stehen verschiedene Systeme zur Verfügung.

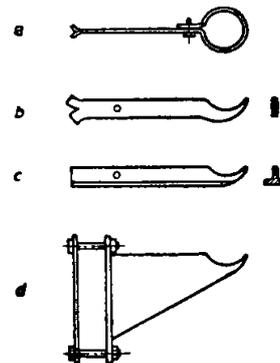
Die Gliederheizkörper, insbesondere die Gussradiatoren, weniger die Stahlradiatoren, werden auf eingemauerte Konsolen aufgestellt und mit zusätzlichen Abstandhaltern auf Abstand zur Wand gehalten. Die übrigen Heizkörper werden zumeist mit für diese Heizflächen entwickelten Halterungen an die Wand aufgehängt und mit einstellbaren Abstandhaltern versehen. Für die Flachheizkörper hat die Industrie spezielle anschraubbare Wandkonsolen mit Halterkombinationen entwickelt, die das auf- und absetzen der Heizfläche wesentlich erleichtert.

Befestigungen für Flachheizkörper

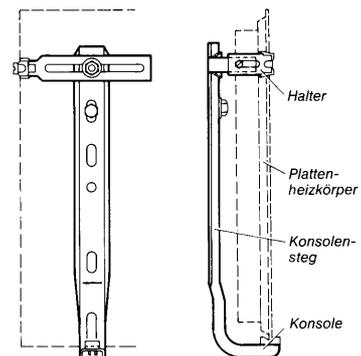


für Radiatoren:

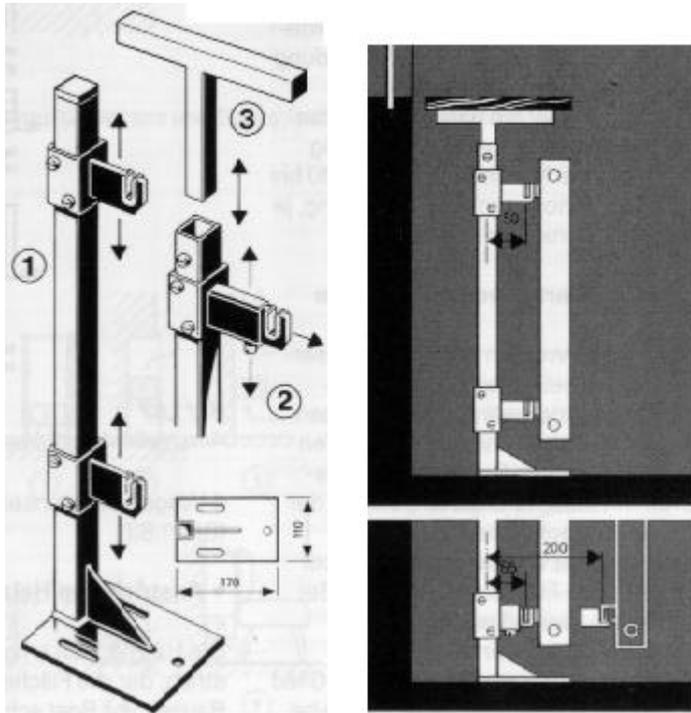
- a) Radiatorhalter
- b) Flacheisenkonsole
- c) T-Konsole
- d) Konsole für Rabitzwände



Konsolen-Halter-Kombination



Vor dem Anbringen der Heizflächen ist zu prüfen, ob die Wand der zusätzlichen Last standhält. Insbesondere gilt das für die heute oft ausgeführte Leichtbauart von Wänden. Ist die Wand für die Last nicht geeignet oder soll die Heizfläche vor einem bodenständigen Fenster installiert werden, müssen **Standkonsolen** eingesetzt werden. Die Standkonsole besteht aus einem Profilrohr an dem die Konsole und der Halter befestigt sind und einer unteren Platte zum Andübeln auf den Fußboden. Standkonsolen werden grundsätzlich **auf den Rohfußboden befestigt**.

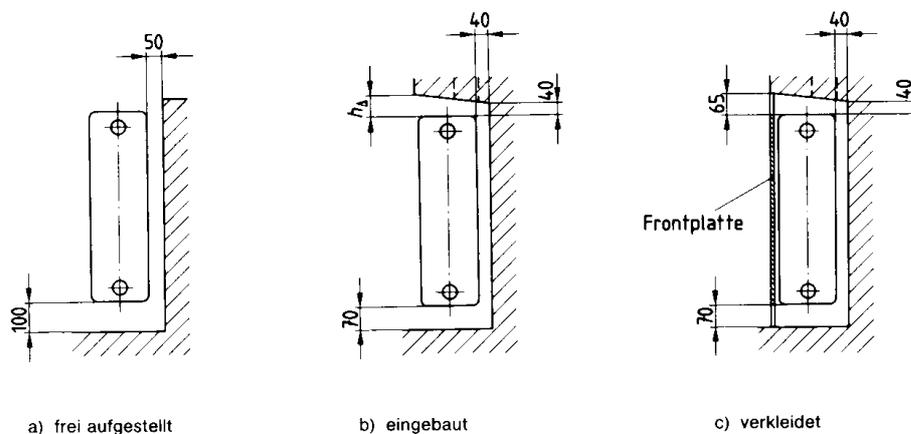


Wird die Heizfläche vor einer außenliegenden Fensterfläche angeordnet, ist diese Heizfläche mit einem zusätzlichen **Strahlungsschirm** zu versehen. Dieser Strahlungsschirm darf **nicht demontierbar** sein und darf einen **äquivalenten k-Wert von 0,9 W/m² K** nicht überschreiten.

Die vorgenannte Forderung war in der alten WSV festgeschrieben, jedoch in der EnEV als Nachfolgeverordnung nicht mit übernommen worden. Da die Forderung dem Stand der Technik entspricht, behält diese ihre Gültigkeit.

Einer besonderen Beachtung bedarf den **Befestigungen von Heizflächen in öffentlichen Gebäuden** und hier insbesondere den Schulen, Kindergärten u.ä. In diesen Gebäuden muss absolut sichergestellt werden, dass die Heizflächen nicht aus ihren Halterungen ausgehebelt werden können. Gegebenenfalls müssen die Heizflächen entsprechend verkleidet werden.

Für die Aufstellung von Heizflächen sollen folgende **Mindestabstände** eingehalten werden:



Die **Norm-Leistungsangaben** für Heizflächen gelten **für eine freie Aufstellung**, so dass die Raumluft den Heizkörper ohne Behinderung umspülen kann. Durch den Einbau von Heizflächen in **Nischen** wird der Luftstrom behindert. Je nach Art der Heizfläche macht sich das als Leistungsminderung bemerkbar. So ist die Minderung bei Gliederheizkörpern im Vergleich zu Plattenheizkörpern gering. Diese Leistungsminderungen werden durch die geometrischen Abmessungen geprägt.

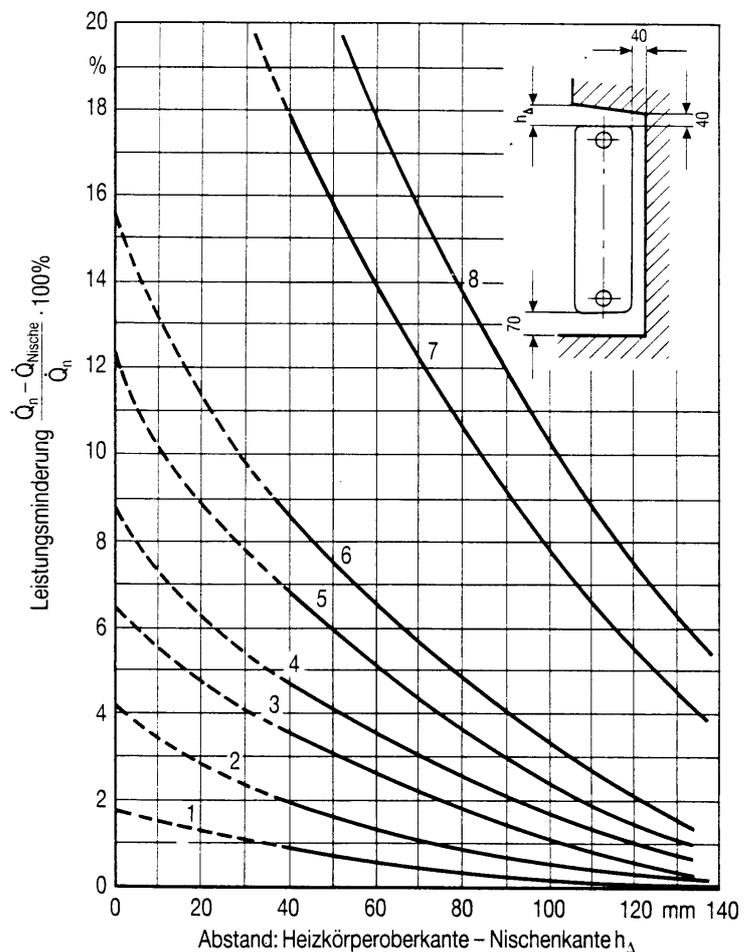
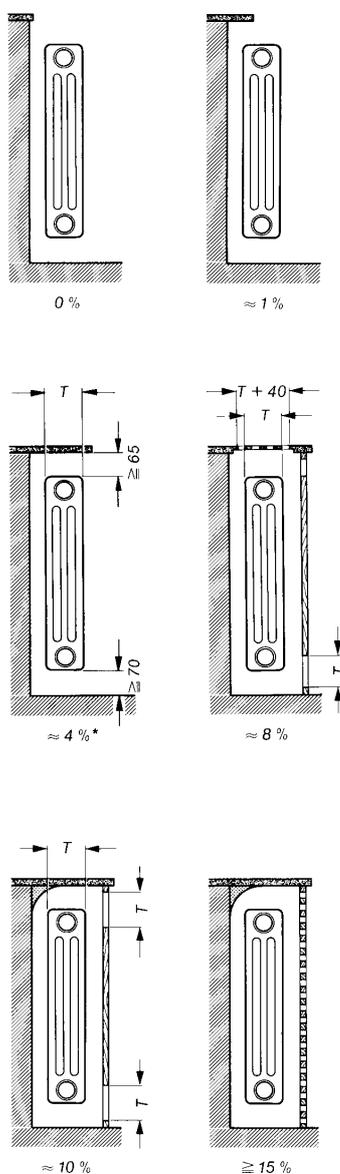
Bei **Gliederheizkörpern** wird die Leistungseinbuße

- mit steigender Bauhöhe geringer,
- mit steigender Bautiefe größer,
- unabhängig von der Baulänge.

Bei **Plattenheizkörpern** wird die Leistungseinbuße

- mit steigender Bauhöhe geringer,
- mit zunehmender Plattenanzahl größer,
- mit steigender Baulänge größer.

Die Leistungsminderung ist nicht mit einem erhöhten Wärmeverbrauch gleichzusetzen. Durch die Leistungsminderung wird die Rücklauf­temperatur angehoben und somit die mittlere Übertemperatur negativ verändert. Die nachfolgenden Bilder und das Diagramm geben die Größenordnungen der Verlustleistungen wieder:



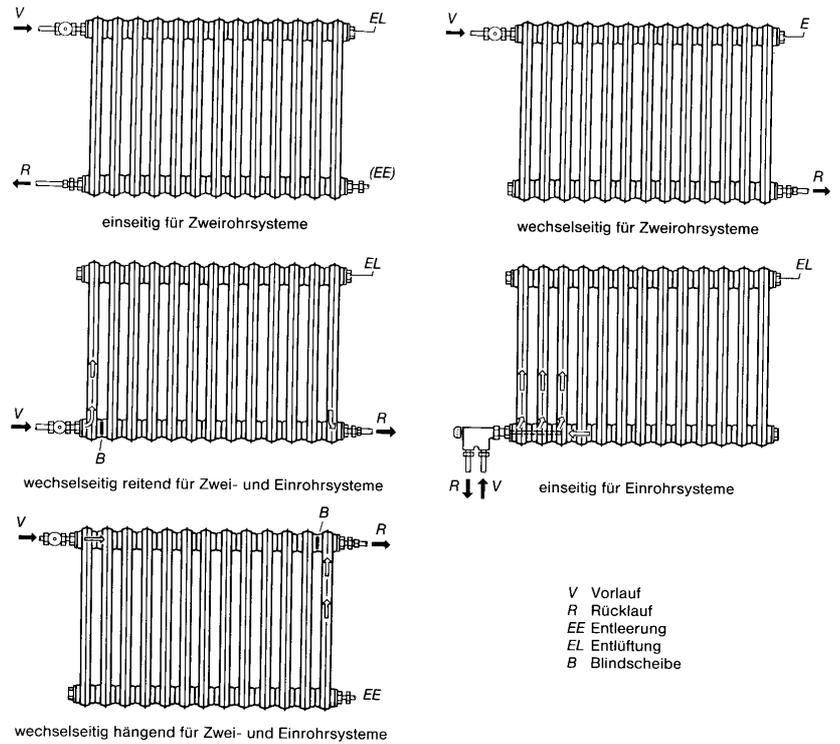
- 1 Röhrenradiator/Schmalsäule (Gliederheizkörper mit Bauhöhe 975 mm, Bautiefe 75 mm)
 - 2 Gußradiator/Stahlradiator nach DIN 4703 Teil 1
 - 3 Plattenheizkörper 1.0/geschlossener Gliederheizkörper
 - 4 Plattenheizkörper 1.1
 - 5 Plattenheizkörper 2.0
 - 6 Plattenheizkörper 3.0
 - 7 Plattenheizkörper 2.2
 - 8 Plattenheizkörper 3.3
- Die Bezeichnungen für die Plattenheizkörper bedeuten:
 1. Ziffer: Anzahl der Heizplatten
 2. Ziffer: Anzahl der Konvektorblechen

Aus dem Diagramm ist erkennbar, dass bei mehrlagigen Platten die Leistungsminderungen stark ansteigen. Bei Gliederheizkörpern und einlagigen Platten mit oder ohne Konvektionsbleche und einem $\Delta h = 70$ mm liegt die Minderung unter 3% und ist somit vernachlässigbar.

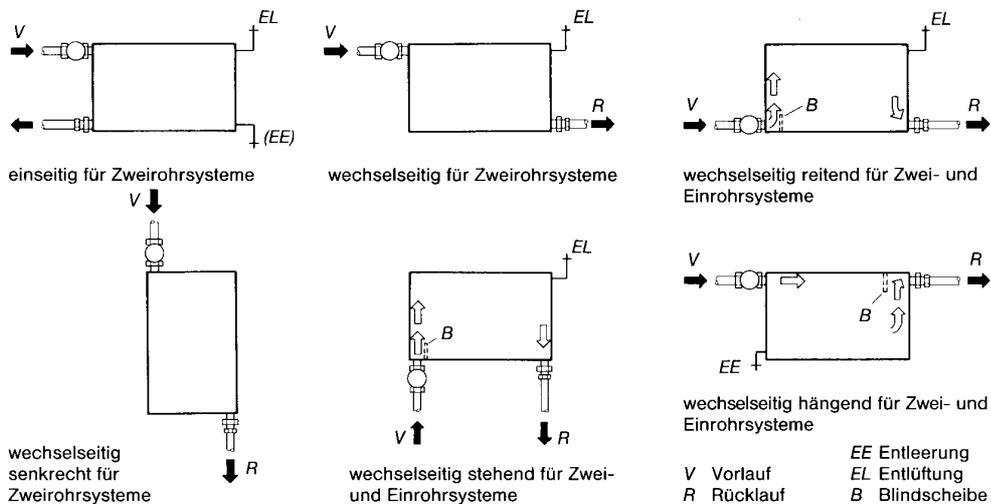
Die verschiedenen Konzeptionsmöglichkeiten von Heizungsanlagen besonders hinsichtlich ihrer Rohrleitungsführung erfordern z.T. auch entsprechend unterschiedliche Anschlussanordnungen ihrer zugehörigen Heizkörper. Die folgenden Bilder geben Beispiele solcher Anschlüsse wieder. Die Anschlüsse sind immer so zu wählen, dass eine gleichmäßige Heizmitteldurchströmung im Heizkörper gewährleistet ist. Hierzu sind gegebenenfalls besondere Maßnahmen erforderlich, z.B. das Setzen einer Blindscheibe.

Anschlussbeispiele von Gliederheizkörpern:

Wechelseitiger Anschluss erst ab ca. 50 Glieder bzw. ab einer Baulänge von 3 m oder einem Verhältnis Heizkörperhöhe zu -breite von etwa 1 : 6.



Anschlussbeispiele von Plattenheizkörpern:



IV.3.2 Konvektoren

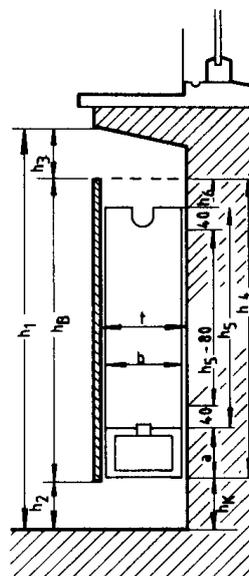
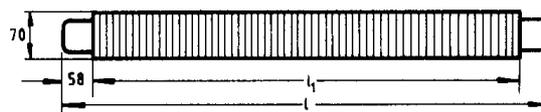
Der Konvektor gehört zu den Heizflächen, die ihre Wärme zum überwiegenden Teil als Konvektionswärme abgeben. Er besteht aus einem oder auch mehreren Heizrohren auf die Lamellen aufgefädelt sind und einer Verkleidung in Schachtform. Durch diesen Aufbau kommt es zu einer Luftströmung über die der Wärmetransport erfolgt. Für Konvektoren gibt es keine Vereinheitlichung durch Normen oder sonstiger Vorschriften. Die technischen Daten sind aus den Datenblättern der Hersteller zu entnehmen.

Bei den Konvektoren unterscheiden wir:

- die Konvektoren mit natürlicher Luftumwälzung
 ☐ **die statischen Konvektoren,**
- die Konvektoren mit Zwangsluftumwälzung
 ☐ **die Gebläsekonvektoren.**

IV 3.2.1 Der statische Konvektor

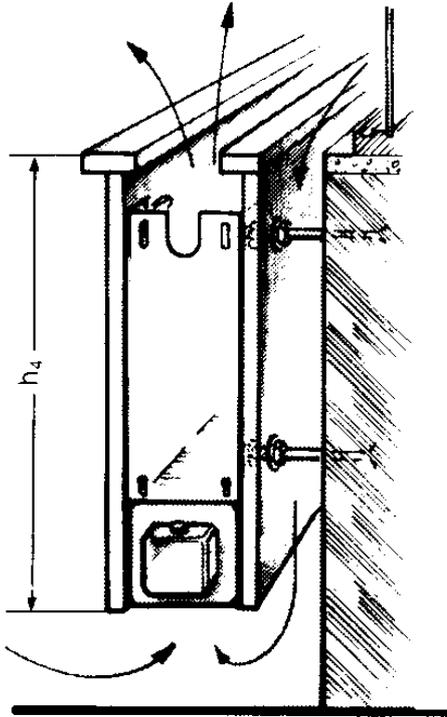
Bei den statischen Konvektoren ist die Wärmeleistung maßgeblich von der Auftriebshöhe des Schachtes und den Lufteinlässen abhängig. Die zu erwärmende Luft muss frei an- und abströmen können. Bei zu geringen Querschnitten muss mit erheblichen Leistungseinbußen gerechnet werden, daher sind **unbedingt die Angaben der Hersteller zu beachten**. Im nachfolgendem Bild sind die Angaben aufgeführt, die für eine Auslegung erforderlich sind.



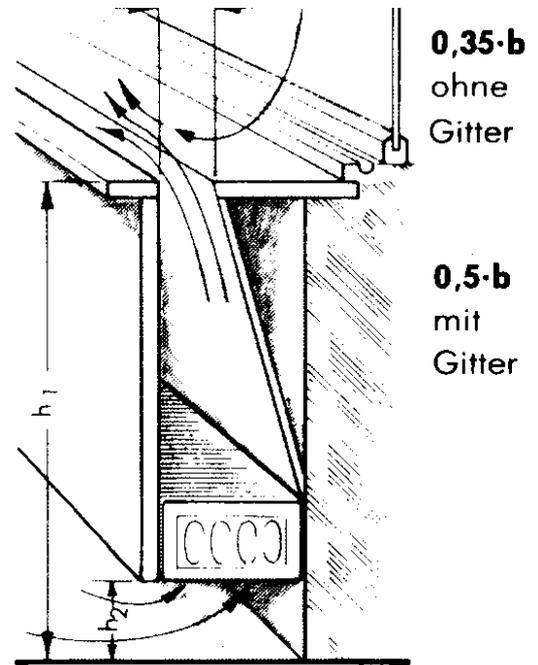
- h_1 Nischenhöhe
- h_2 Lufteinlaßhöhe
- h_3 Luftauslaßhöhe
- h_8 Höhe der Vorderblende
- b Konvektorbautiefe
- t Konvektorhalter-Bautiefe = $b + 4$ mm
- h_K Konvektor-Montagehöhe
 ($h_K = h_2 + 10$ mm)
- a Konvektorbauhöhe
- h_5 Höhe des Konvektorhalters
- h_6 Blendenüberstand
- h_4 wirksame Schachthöhe

Der allgemeine Aufbau der Verkleidung darf nicht nur nach optischen Gesichtspunkten ausgeführt werden, sondern muss die einwandfreie Funktion des Konvektors gewährleisten. Aus hygienischen Gründen und zur Gewährleistung des einwandfreien Betriebes ist die Frontplatte abnehmbar auszuführen. Mit zunehmender Höhe der Verkleidung, die den Luftschacht bildet, wächst der Auftrieb der erwärmten Luft, so dass damit auch die Wärmeleistung steigt. Eine **Leistungsregelung** erfolgt **luftseitig** am Konvektor durch eingebaute **Luftregelklappen** oder **wasserseitig** durch **Thermostatventile mit Fernfühler**. Im ersten Fall wird die durchströmende Luftmenge den Erfordernissen angepasst und der Heizmittelstrom bleibt konstant. Im zweiten Fall wird das durchfließende Heizmittel entsprechend den Erfordernissen eingestellt und die durchströmende Luftmenge bleibt unregelt. Im letzten Fall sind die Wärmeverluste bei Drosselung und Stillstand geringer und sollten aus diesem Grunde nur noch angewandt werden.

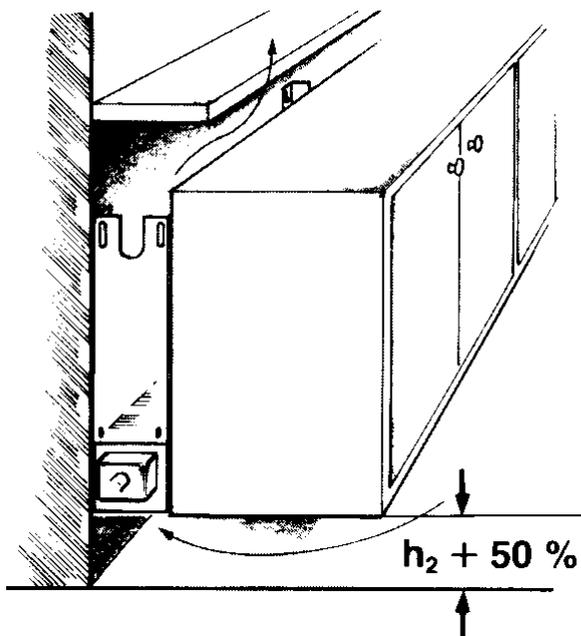
Durch seine gute Leistungsabgabe und die Möglichkeit der Integration mit der Raumeinrichtung wird der Konvektor gerne im gewerblichen Bereich eingesetzt, z.B. Ladenbau, Büroräume usw.. Nachfolgend sind einige Ausführungsbeispiele und Einsatzbereiche von Konvektoren aufgeführt:



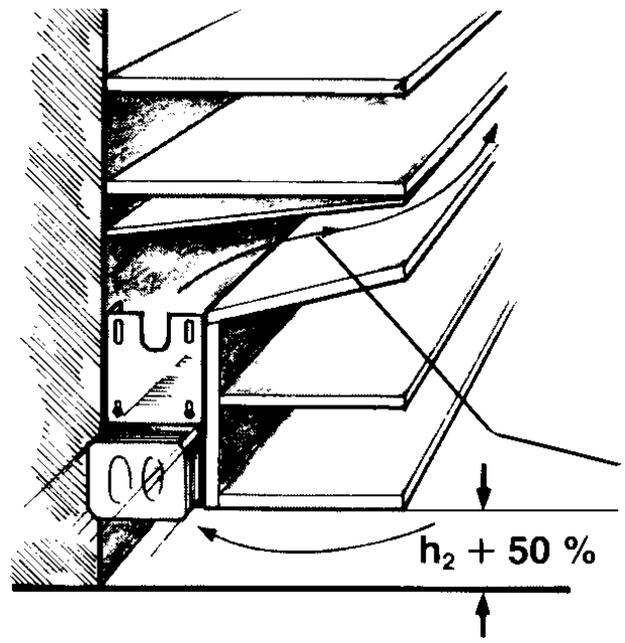
Installation mit Lufteinfallkanal an der Fensterseite



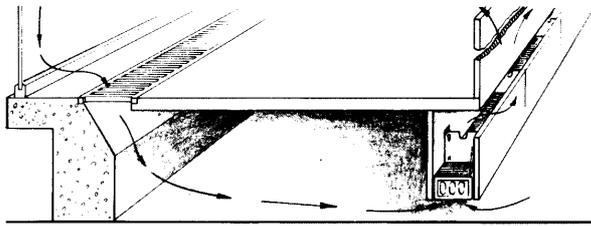
Installation mit Luftleitplatten zur Verhinderung des Kaltlufteinfalls in den Konvektor (Minderleistung)



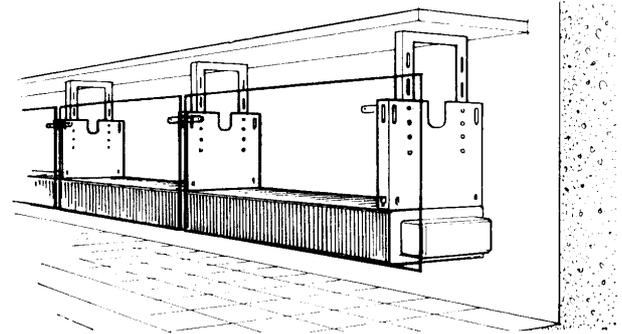
Einbau hinter Möbelstücke



Integriert in einem Regal



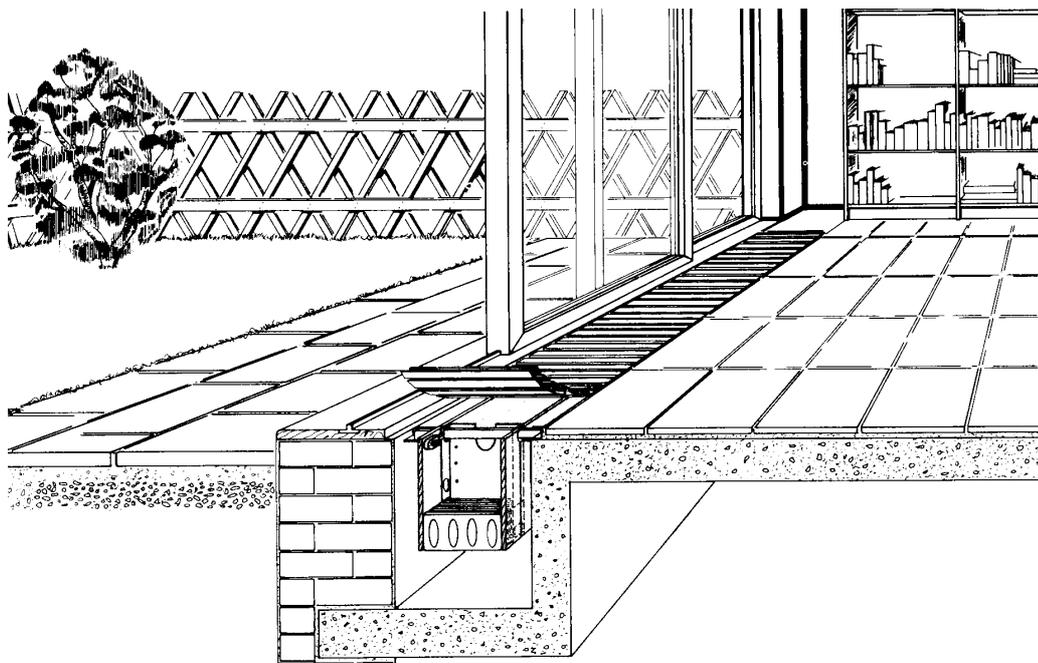
Schaufensteranordnung



Obere Abdeckung als Sitzfläche

IV 3.2.2 Der Unterflurkonvektor

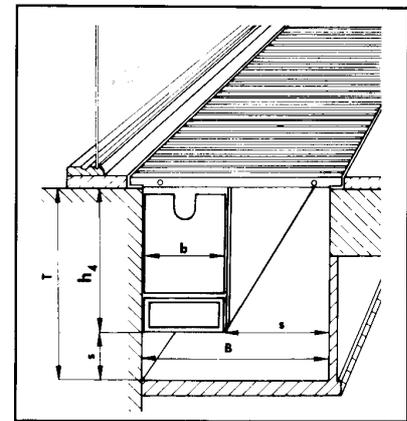
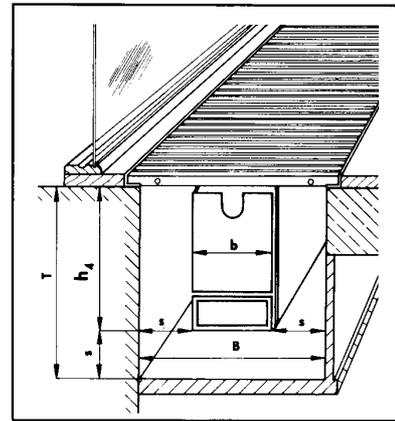
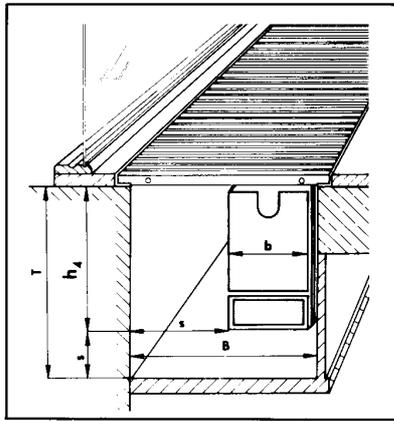
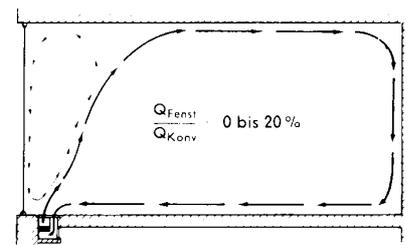
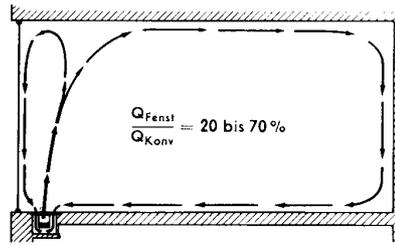
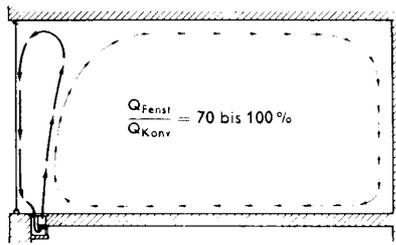
Für Räume deren Fenster bis an den Fußboden reichen, bietet der Unterflurkonvektor die eleganteste und wärmetechnisch komfortabelste Lösung an. Sie bringt eine einwandfreie Abschirmung aller Kaltlufteinflüsse, ohne die Fensterflächen zu verbauen.



Die Anordnung sollte so gewählt werden, dass die Fenster und eventuelle Türen auf die ganze Länge mit einem Konvektorschacht versehen sind. Eine **einwandfreie Abschirmung** des Kaltlufteinfalls wird erreicht, wenn durch den **Konvektor rund 80% des Wärmebedarfs der Fenster und Türen** abgedeckt sind. Zweckmäßig sollten wegen der vereinfachten Reinigung einlagige Konvektoren benutzt werden.

Bei **unterkellerten Räumen** mit Unterflurkonvektoren ist eine **seitliche Reinigungsklappe**, die vom Keller aus bedient werden kann, von Vorteil. Bei **nicht unterkellerten Räumen** vertieft man den Schacht und erstellt unterhalb des Konvektors eine dachförmige **Schmutzableitfläche**. Eine besonders einfache Reinigung wird erzielt, wenn der Schacht mit einem **Wasserabfluss** versehen wird und der Konvektor so mit Wasser abgespült werden kann.

Durch die Anordnung des Konvektors innerhalb des Schachtes kann eine Leistungsanpassung an den Raum erfolgen. Je nach dem Verhältnis des Wärmebedarfs der Fenster zu dem Wärmebedarf der übrigen Raumflächen wird der Konvektor, wie nachfolgend beschrieben, installiert.



Anordnung 1:

Bei großen Fensterflächen und die übrigen Wände grenzen an beheizte Räume

Anordnung 2:

Große Fensterflächen und weitere Abkühlflächen (Außenwand, Dachfläche, Fußboden)

Anordnung 3:

Großer Wärmebedarf des Raumes und kleiner Wärmebedarf am Fenster (seltener Fall)

Die Bemessung erfolgt über die Schachthöhe h_4 aus den **Leistungstabellen der Konvektoren** (Beispiel für GEA – Konvektoren):

Mindestmaße für Unterflurschächte (Maße in mm)

Konvektor-Bautiefe b	Ein Lufteinfallkanal (Anordnung ① und ③)					Zwei Lufteinfallkanäle (Anordnung ②)				
	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
zweckmäßige wirksame Schachthöhe h_4	100 bis 500	150 bis 500	200 bis 500	250 bis 500	300 bis 500	100 bis 500	150 bis 500	200 bis 500	250 bis 500	300 bis 500
Luftkanalmaß s	120	150	180	210	240	95	110	125	140	160
Schachtbreite B	240	320	400	480	560	320	400	480	560	650
Schachttiefe T	$h_4 + 160$	$h_4 + 190$	$h_4 + 220$	$h_4 + 250$	$h_4 + 280$	$h_4 + 135$	$h_4 + 150$	$h_4 + 165$	$h_4 + 180$	$h_4 + 200$
Rahmenmaß A für GEA-Roll-Rost ca.	290	370	450	530	610	370	450	530	610	700

Zum Ausgleich der Injektionswirkung der dichtbenachbarten Warm- und Kaltluftströmungen, des zusätzlichen Luftwiderstandes der Umlenkung etc. genügt es, wenn für Normal-Konvektoren bei Schachthöhe h_4 bis höchstens 500 mm eine 20 %-ige Leistungsminderung eingesetzt wird.

Bei $h_4 \leq 500$ mm hat der Konvektor in der Unterfluranordnung sein Leistungsoptimum, falls folgende

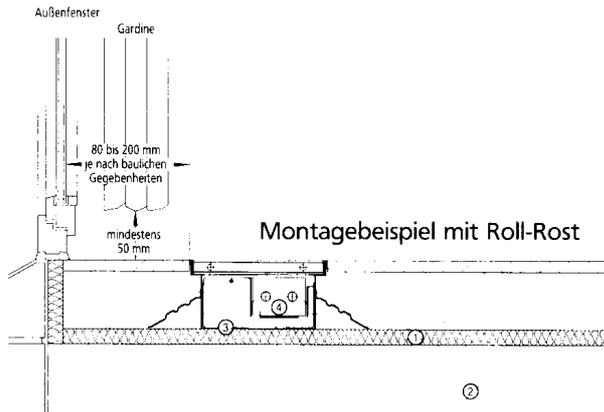
Voraussetzungen gelten:

- richtige Wahl der Einbauanordnung,
- Einhaltung der angegebenen Schachtmaße,
- 70 % freier Querschnitt des Abdeckgitters (Rollrost).

Als eine Variante des Unterflurkonvektors kann die **Bodenkanalheizung** angesehen werden. Diese Art Heizflächen werden häufig zur Restwärmeabdeckung eingesetzt, d.h. Heizkörper, Fußbodenheizung, Klimaanlage etc. sind zur Grundlastabdeckung vorgesehen. In Übergangszeiten oder wenn die Leistung zur

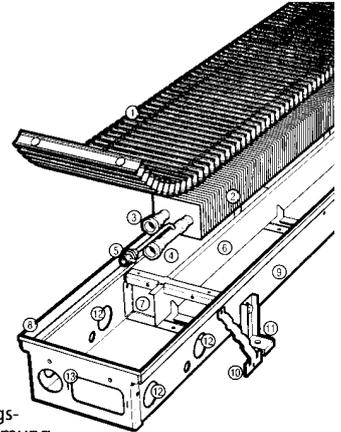
Vollraumbeheizung ausreichend ist, können sie auch zur alleinigen Raumbeheizung eingesetzt werden. Der Vorteil der Bodenkanalheizung ist die geringe Aufbauhöhe. Der Bodenkanal wird auf dem Rohfußboden bzw. der Dämmung montiert und mit dem Estrich auf Fertig – Fußboden angepasst. Die Wärmeübertragung erfolgt auf Konvektorbasis, wobei mittels eines Gebläses eine hohe Leistungssteigerung möglich ist. Nachfolgend sind einige Beispiele von der Fa. Kampmann aufgeführt:

- ① Wärme- und Trittschalldämmung
- ② Betondecke
- ③ Bodenwanne
- ④ Hochleistungs-Konvektor

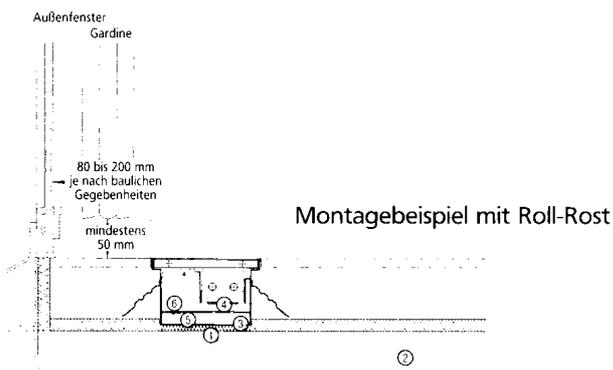


Bodenkanalheizung mit natürlicher Konvektion

- ① Roll-Rost (Linear-Rost)
- ② Hochleistungs-Konvektor
- ③ Vorlaufanschluß 3/8"
- ④ Rücklaufanschluß 3/8"
- ⑤ Entlüftung
- ⑥ Leitwand
- ⑦ Stahlblechkonsole
- ⑧ Rahmenprofil, farblich passend zu den Rosten
- ⑨ Bodenwanne, sendzimir-verzinkt, graphit-grau beschichtet
- ⑩ Estrichanker
- ⑪ Montagehilfen mit Befestigungsmöglichkeit und Trittschalldämmung
- ⑫ Rohrdurchführungen für raum-/fensterseitigen Anschluß
- ⑬ Rohrdurchführungen für stirnseitigen Anschluß

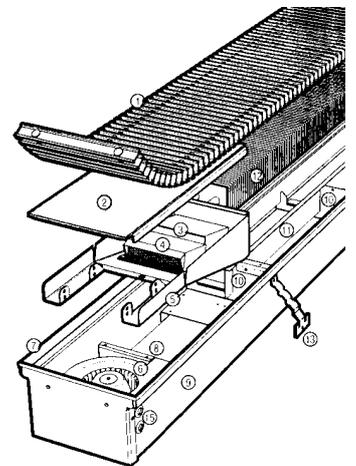


- ① Wärme- und Trittschalldämmung
- ② Betondecke
- ③ Bodenwanne
- ④ Luftaustrittsdüsen
- ⑤ Luftkanal
- ⑥ Induktionsschlitzze



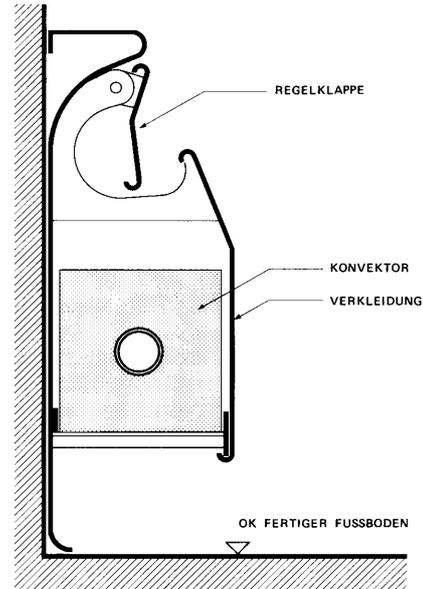
Bodenkanalheizung mit Gebläseunterstützung

- ① Roll-Rost (Linear-Rost)
- ② Gebläse-Abdeckung mit Luftfilter
- ③ Drehzahlelektronik, stufenlos
- ④ Klemmenabdeckung
- ⑤ Luftführungsblech
- ⑥ Radialgebläse
- ⑦ Rahmen farblich passend zu den Rosten
- ⑧ Grundplatte mit Gebläse
- ⑨ Bodenwanne, sendzimir-verzinkt, graphit-grau beschichtet
- ⑩ Stahlblechkonsole
- ⑪ Leitwand
- ⑫ Hochleistungskonvektor
- ⑬ Estrichanker
- ⑭ Elektroanschluß/Kabeleinführung



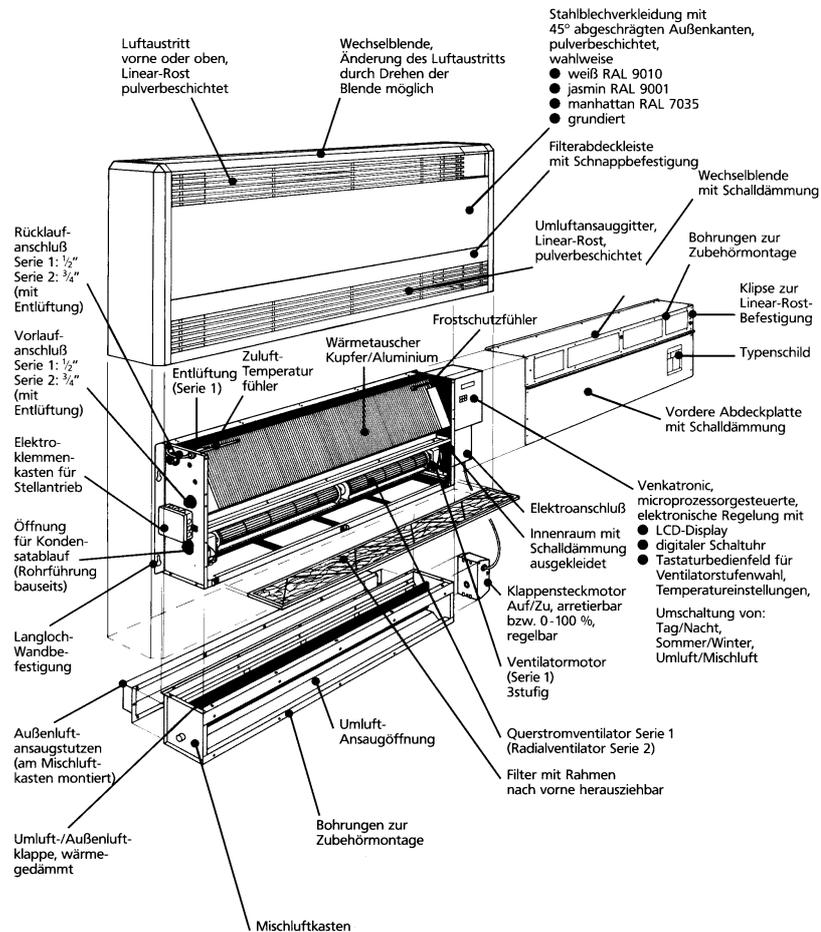
IV 3.2.3 Der Fußleistenkonvektor

Als letzte Variante der statischen Konvektoren soll hier noch der Fußleistenkonvektor (Sockelkonvektor) erwähnt werden. Er besteht aus etwa 20 cm hohen, einbaufertigen Blechelementen. Das als Einrohrheizung ausgelegte System ist nur empfehlenswert, wenn die Konvektoren einzeln zu regeln bzw. abzustellen sind. Bei Zwangsumlaufsystemen besteht die einzige Regelmöglichkeit im manuellen Öffnen oder Schließen einer Luftklappenleiste. In einigen Räumen (Küche, Bad) ist das System durch Heizkörper anderer Art zu ergänzen. Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass Fensterflächen nur in geringem Maße abgeschirmt und Stellmöglichkeiten von Möbeln eventuell eingeschränkt werden.

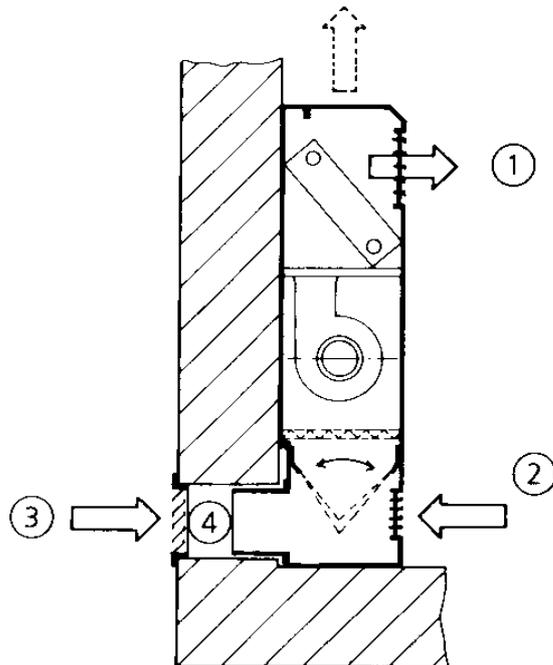


IV 3.2.4 Der Gebläsekonvektor

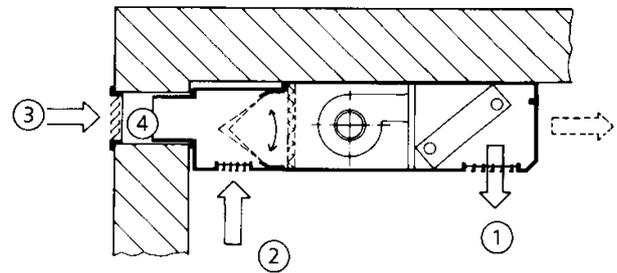
Der Gebläsekonvektor ist wie der statische Konvektor aufgebaut. Die Luftumwälzung wird jedoch durch ein Gebläse unterstützt. Hierdurch ist eine Leistungssteigerung und gezielte Wärmeabgabe möglich (Beispiel Fabrikat Kampmann):



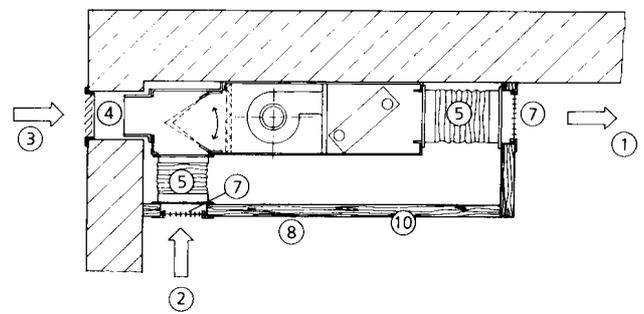
Die Gebläsekonvektoren eignen sich nicht nur für die Umluftheizung, sondern können auch mit entsprechenden Zusatzeilen als Mischluftanlage oder auch für reinen Außenluftbetrieb genutzt werden. Nachfolgende Beispiele geben die Möglichkeiten wieder:



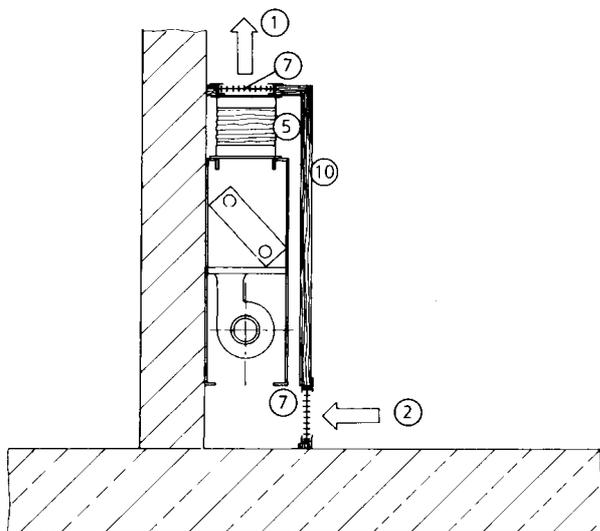
Wandmontage für Mischluftbetrieb



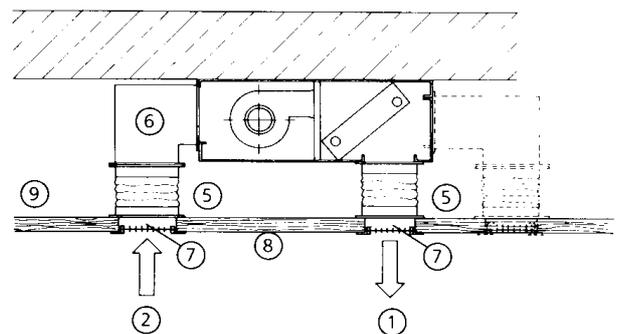
Deckenmontage für Mischluftbetrieb



Montage in einer Zwischendecke für Mischluftbetrieb



Wandmontage für Umluftbetrieb



Montage in einer Zwischendecke für Umluftbetrieb

- ① Zuluft ② Umluft ③ Außenluft ④ Wetterschutzgitter
- ⑤ elastisches Verbindungsstück ⑥ 90° - Bogen ⑦ Luftansaug- und Austrittgitter
- ⑧ Revisionsöffnung ⑨ Zwischendecke ⑩ bauseitige Holzverkleidung

Eine gemischte Installation von Konvektoren mit anderen Heizflächen ist nicht zu empfehlen, da das Heizverhalten eines Konvektors anders ist als das der übrigen Heizflächen. Bei geringerer Heizmittelltemperatur ist seine Leistung auch geringer, während bei höheren Temperaturen seine Leistung größer ist gegenüber den übrigen Heizflächen.

IV.3.3 Flächenheizungen

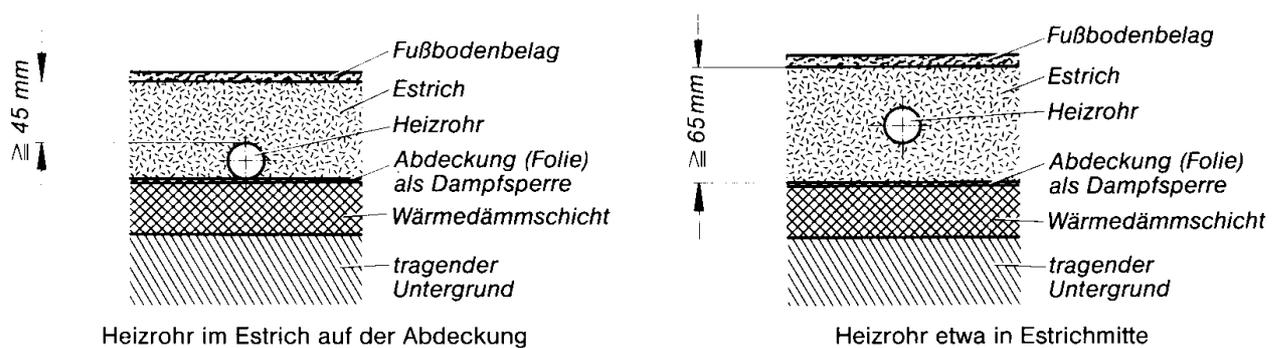
Bei den Flächenheizungen unterscheiden wir drei Hauptgruppen, die als alleinige Heizfläche oder in Kombination untereinander oder mit den vorab besprochenen Heizflächen kombiniert eingesetzt werden.

Die drei Hauptgruppen sind **die Fußbodenheizungen, die Deckenstrahlheizungen und die Wandheizelemente.**

IV.3.3.1 Die Fußbodenheizung

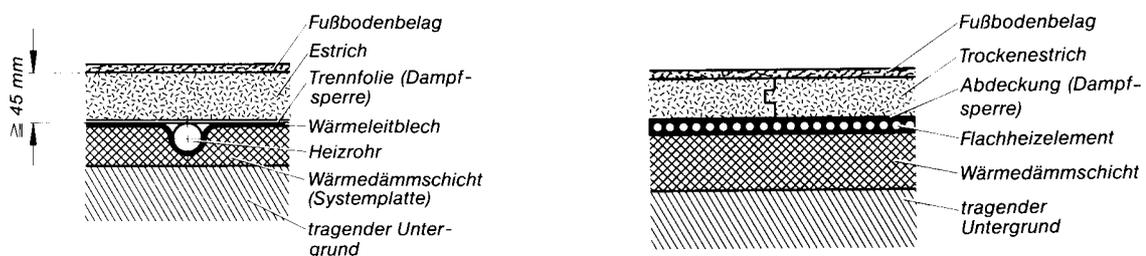
Die am weitest verbreitete Gruppe ist die der Fußbodenheizung. Bei diesem System dient der Fußboden als Heizfläche, der durch ein Rohrregister erwärmt wird. Die Übertragung der Wärme an den Raum erfolgt zum überwiegenden Teil als Strahlungswärme (rund 80%) und als Konvektionswärme (rund 20%). Die Fußbodenheizung wird in verschiedenen Ausführungen hergestellt.

Beim Nasssystem sind die Rohre des Registers im Estrich eingeschlossen. Hierdurch kommt es zu einer guten Wärmeübertragung. Wärmeflussmindernde Luft einschüsse sind so gut wie ausgeschlossen. Die Befestigung der Rohre erfolgt durch Klipse auf Baustahlmatten, mit Widerhakenklipse oder Drahtbügeln auf der Wärmedämmung oder zwischen Haltenoppen auf Systemplatten. Die Lage der Rohre kann dabei unmittelbar auf der Dämmung oder mittig im Estrich liegen (gemäß DIN EN 1264 ist diese Verlegung als **Verlegesystem Typ A** definiert).



Beim Trockensystem werden die Rohre in spezielle Systemplatten verlegt und durch eine Folie vom Estrich getrennt. Damit hohe Temperaturunterschiede vermieden werden und eine bessere Wärmeübertragung an den Estrich erfolgen kann, werden die Rohre noch zusätzlich mit Wärmeverteilungsbleche, -lamellen oder -folien versehen. Es können jedoch ungleichmäßige Wärmeübertragungen auftreten, da die Rohre nicht immer gleichmäßig in den Rillen sitzen (DIN EN 1264: **Verlegesystem Typ B**).

Das nächste Bild zeigt auch ein Trockensystem. Dieses System besteht aus **flache Heizelemente aus Kunststoff** als Fertigelemente. Sie werden hauptsächlich für die Altbausanierung in Verbindung mit einem Trockenestrich aus Holz- oder Gipsbaustoffen eingesetzt.



Wärmeabgabe der Fußbodenheizfläche

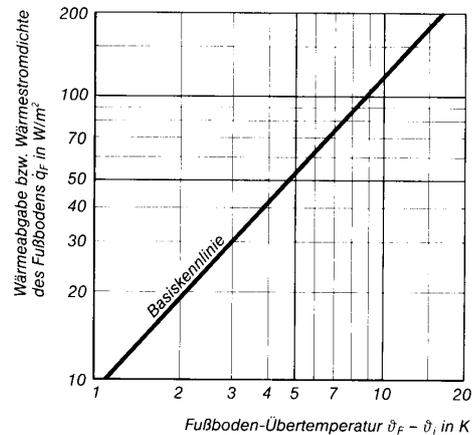
Die wärmeübertragende Fläche ist die ebene Fußbodenfläche. Für die Wärmeabgabe ist die Oberflächentemperatur maßgebend. Bei gegebener mittlerer Oberflächentemperatur des Fußbodens hat ein spezieller

Fußbodenaufbau keinen Einfluss auf die Höhe der Wärmeabgabe, wohl aber darauf, mit welcher Heizmitteltemperatur das System gefahren werden muss, um diese mittlere Temperatur zu erreichen.

Für einen definierten Einheitsraum wird die Abhängigkeit der Wärmestromdichte von der mittleren Fußboden – Übertemperatur durch eine Basiskennlinie beschrieben.

Sie ist rechnerisch:

$$q = 8,92 \cdot (q_{F,m} - q_i)^{1,1} \quad \text{in} \quad [\text{W/m}^2]$$



Die Bestimmung der Wärmeleistung und die Auslegung der Fußbodenheizung erfolgt nach der DIN EN 1264 Teil 2 und 3. In diesen DIN-Blättern sind die Berechnungsgänge beschrieben und die dafür erforderlichen Parameter in Tabellen bzw. Diagrammen aufgeführt.

Die optimale Oberflächentemperatur einer Fußbodenheizung liegt bei 23 – 24°C. In den vorab genannten Normen sind mittlere Oberflächentemperaturen als Grenztemperaturen vorgegeben, die nicht überschritten werden dürfen:

Daueraufenthaltsbereiche für Personen:	29°C
Randzonen (max. 1 m)	35°C
Nassräume (Barfußbereich)	33°C

Bei einer mittleren Fußboden – Oberflächentemperatur von 29°C liegt die spezifische Wärmeleistung einer Fußbodenheizung bei rund 80 – 90 W/m².

Rohrführungen im Fußboden

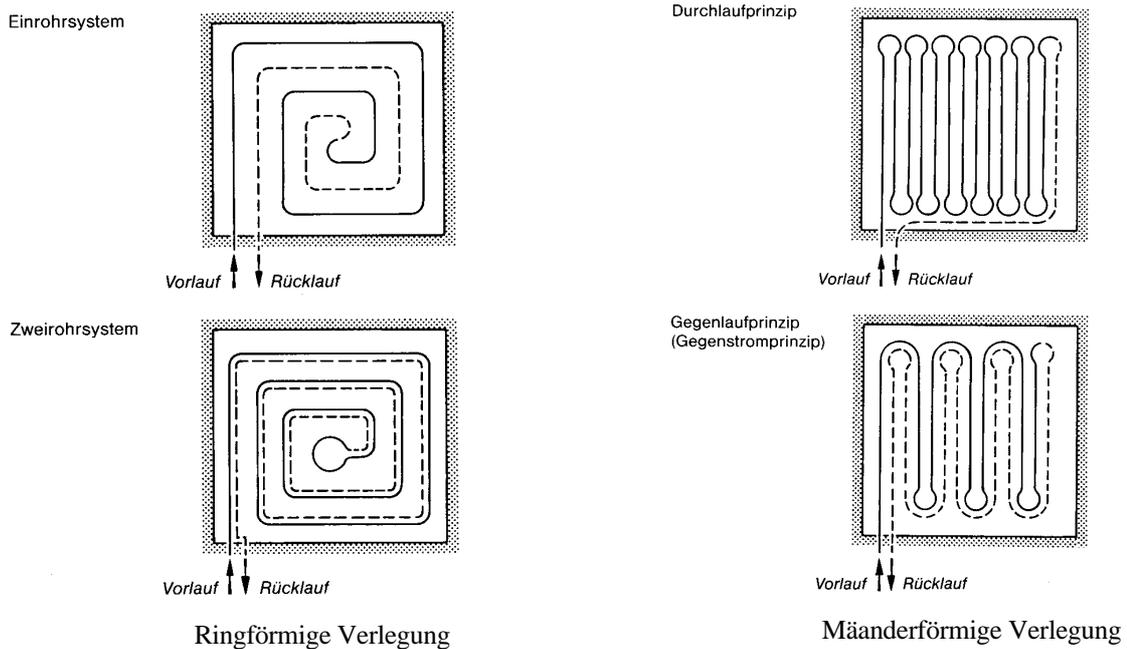
Das am häufigsten verwendete Rohr für Fußbodenheizungen sind Kunststoffrohre. In verschiedenen Normen, **PB = Polybuten** nach prEN ISO 15876; **PP = Polypropylen** nach prEN ISO 15874; **PE-X = vernetztes Polyethylen** nach prEN ISO 15875; sind die Qualitäts- und Einsatzanforderungen beschrieben. Wegen seines Rückstellbestrebens benötigen Kunststoffrohre eine Befestigungseinrichtung beim Auslegen. Rohrverbindungen innerhalb eines Registers sollten vermieden werden.

Weiterhin kommen auch Kupferrohre, Stahlrohre und Edelstahlrohre zum Einsatz.

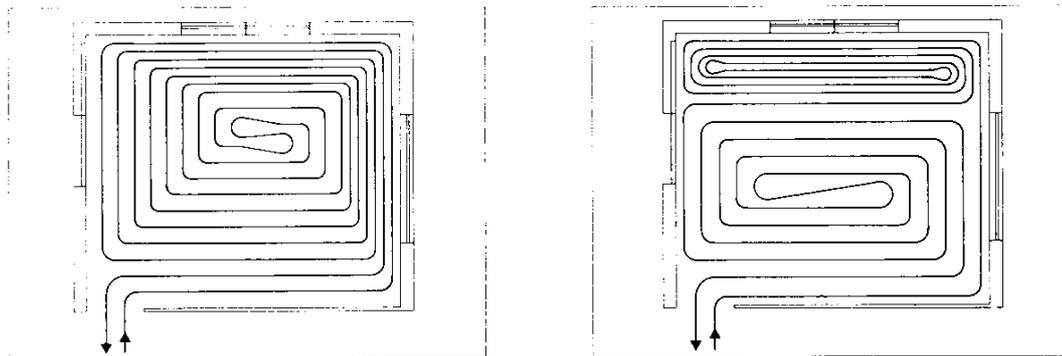
Die gebräuchlichsten Verlegformen sind die ringförmig oder mäanderförmige Verlegung als Einrohr- oder 2-Rohr-System:

- Ring:** gleichmäßige Temperaturverteilung
- Mäander:** Temperaturabfall von der einen zur anderen Raumseite. Günstig für Räume mit Außenwänden, wenn der Vorlauf an dieser Wand liegt.

Durch die geringe Spreizung der Systemtemperaturen von $\Delta\theta = 5$ bis 10 K machen sich die Unterschiede zwischen den beiden Verlegarten jedoch nur wenig bemerkbar. Auf Grund der Abstände der Heizrohre im Register zueinander, kann sich eine gewisse Temperaturwelligkeit an der Fußbodenoberfläche ergeben.



An den kalten Randzonen des Raumes (Fensterseite, Außenwand; max. 1 m) kann durch eine dichtere Verlegung der Rohrleitungen eine höhere spezifische Leistung erbracht und somit der Kälteeinfall verhindert bzw. abgemindert werden.



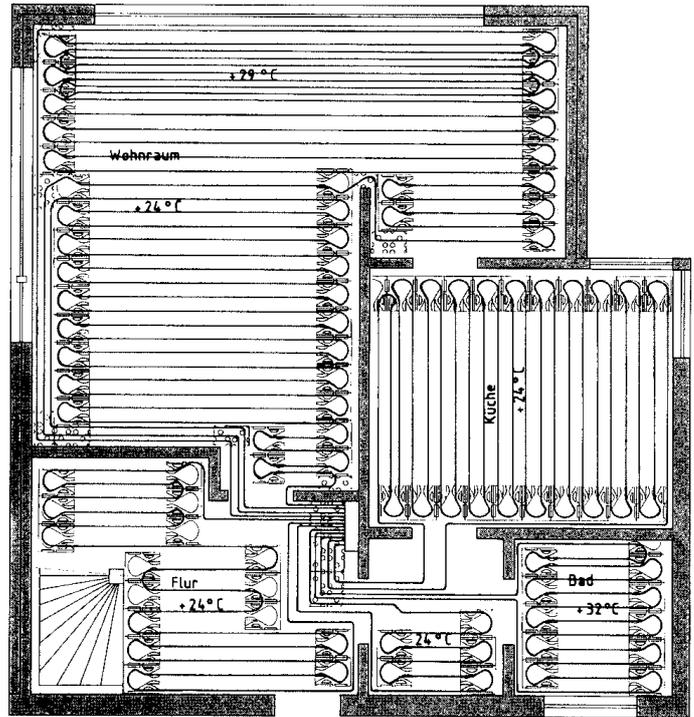
Beheizte Bodenflächen sind mit Bewegungsfugen zu versehen. Bewegungsfugen sind an Türdurchgängen und allen Randfugen wie auch an Einschnürungen (Pfeiler, Bodenabläufe) vorzusehen ggf. auch an größeren Estrichfeldern. Über die Anordnung der Fugen ist ein Fugenplan zu erstellen. Die Fugen sind mit Dämmstreifen vom tragenden Untergrund bis zur Oberfläche des Fußbodenabschlusses hochzuführen und müssen eine Bewegung des Estrich von mindestens 5 mm zulassen. Der obere Teil des Randdämmstreifens, der über der Oberfläche des Fußbodenabschlusses hervorsteht, darf nicht vor Fertigstellung des Fußbodenbelages abgeschnitten werden und im Falle von Textilien oder elastischen Belägen erst nach Aushärten der Spachtelmasse. In der Belageebene erhalten sie eine begeh- bzw. befahrbare Abdeckung. Fugenfelder und Heizkreisfelder sollten aufeinander abgestimmt werden, um Rohrleitungsübergänge an Fugen möglichst zu vermeiden.

Vor dem Einbringen des Estrichs sind die Heizkreise mit einer Wasserdruckprobe auf Dichtheit zu prüfen. Der Prüfdruck muss das Doppelte des Betriebsdruckes, mindestens jedoch 6 bar betragen. Beim Einbringen des Estrichs muss dieser Druck aufrechterhalten bleiben. Hierdurch sind Beschädigungen am Rohrnetz, die beim unsachgemäßem Einbringen des Estrichs auftreten können, sofort erkennbar und können entsprechend repariert werden. Werden Beschädigungen am Register erst nach dem Aushärten des Estrichs bemerkt, ist eine Reparatur (wenn überhaupt) nur mit hohem Arbeits- und Kostenaufwand möglich. Die Dichtheit und der Prüfdruck müssen in einem Prüfbericht aufgezeichnet werden.

Vor dem Verlegen der Fußbodenbeläge müssen Nassestriche aufgeheizt werden, Zementestriche frühestens 21 Tage nach ihrer Erstellung, Anhydritestriche frühestens nach 7 Tagen entsprechend den Angaben des Herstellers. Das Aufheizen beginnt mit einer Vorlauftemperatur zwischen 20° und 25°C, die über 3 Tage zu halten ist. Danach wird die Fußbodenheizung mit der max. Vorlauftemperatur über weitere 4 Tage gefahren bzw. so lange, bis der für die Belegreife erforderliche Feuchtigkeitsgehalt erreicht ist. Ein zu schnelles Hochheizen führt zur Minderung der Endfestigkeit, da infolge einer beschleunigten Feuchtigkeitsabtreibung der Abbindevorgang gestört wird. Das Funktionsheizen muss dokumentiert werden.

Bodenbelag	Feuchtigkeitsgehalt	
	bei Zementestrich	bei Anhydritestrich
Stein- u. keramische Beläge im Dünnbett im Dickbett	2,0%	0,5%
	3,0%	ungeeignet
Textile Bodenbeläge dampfdurchlässig dampfbremsend	3,0%	1,0%
	2,5%	0,5%
Elastische Bodenbeläge z. B. PVC, Gummi, Linoleum	2,0%	0,5%
Parkett	2,0%	0,5%

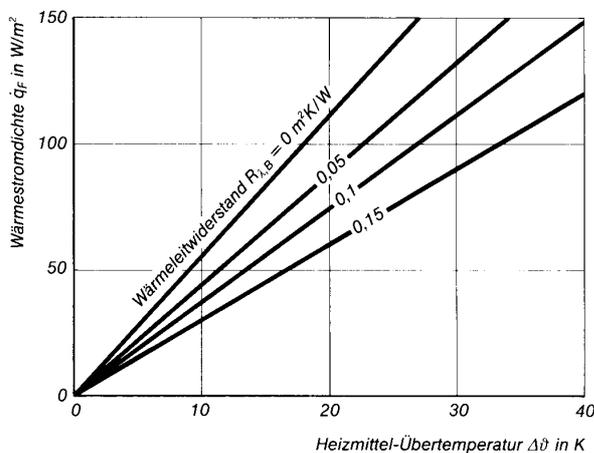
Die Belegreife von Estrichen mit den Maximalwerten nach DIN 4725 Teil 4



Rechts: Verlegeplan einer Fußbodenheizung mit Cu-Rohren

Einfluss der Bodenbeläge

Mit zunehmendem Wärmeleitwiderstand $R_{\lambda,B}$ des Bodenbelages erhöht sich auch der Gesamtwiderstand für den Wärmefluss und vermindert somit die Wärmestromdichte. Um dieses auszugleichen muss die Heizmitteltemperatur entsprechend erhöht werden, damit die vorgegebene mittlere Oberflächentemperatur wieder erreicht werden kann. Deshalb ist bei der Auslegung der Fußbodenheizung die Art des Bodenbelages zu berücksichtigen.

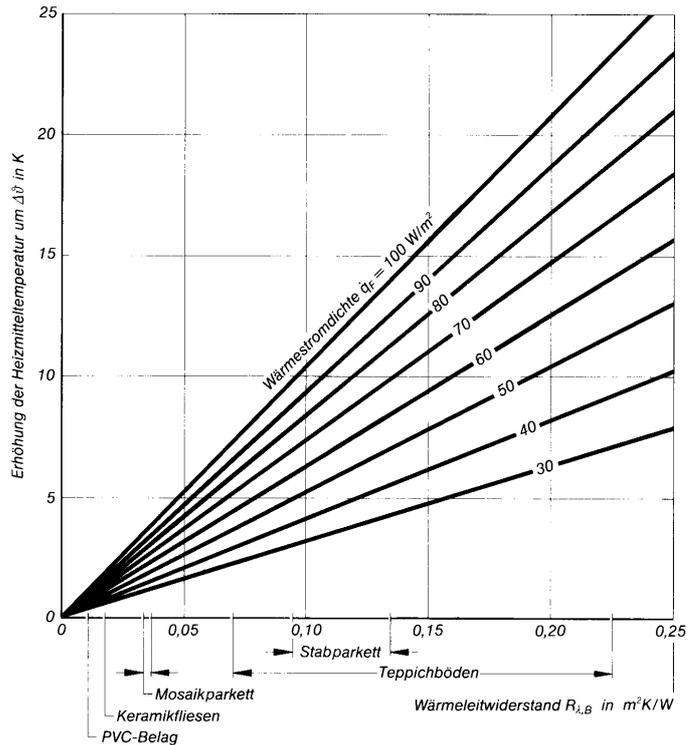


Wärmestromdichte in Abhängigkeit vom Wärmeleitwiderstand des Bodenbelages und der Heizmitteltemperatur

Bodenmaterial	Dicke d mm	Dichte ρ kg/m³	Wärmeleitkoeffizient λ W/mK	Wärmeleitwiderstand $R_{\lambda,B}$ m²K/W
Stab-Parkett (Eiche)	22	900	0,21	0,105
Mosaikparkett (Eiche)	8	900	0,21	0,038
Teppichböden mit Polgewicht 335 g/m²	5,6	-	-	0,07
Polgewicht 780 g/m²	14,4	-	-	0,23
Schnittpol	17	-	-	0,36
Korkmientlinoleum	4,5	550	0,08	0,056
Linoleum	2,5	1200	0,19	0,013
Kunststoffbelag	2,5	1500	0,23	0,011
PVC-Platten	2,5	1350	0,19	0,014
Keramische Fliesen	13	1900	1,05	0,012
Natursteinplatten	20	2300	1,20	0,017
Marmor	30	2500	2,10	0,014

Stoffwerte für Bodenbeläge

Erhöhung der Heizmitteltemperatur mit steigendem Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelags bei vorgegebenem Wärmestrom nach oben



Bodenbeläge für Fußbodenheizungen

Grundsätzlich sind alle derzeit marktgängigen Bodenbeläge für beheizte Bodenflächen geeignet. Vor dem Verlegen elastischer und textiler Beläge ist der Heizestrich gemäß DIN 18 365 zu spachteln. Spachtelmassen, Grundierungen und Kleber müssen für Fußbodenheizungen geeignet sein. Bei Trockenestrichen sind die Fugen zu verspachteln und die Oberflächen nach Angaben des Kleberherstellers zu grundieren. Besondere Hinweise der Hersteller für die Verlegung von Bodenbelägen bei Fußbodenheizungen sind **immer** zu beachten.

PVC – Beläge

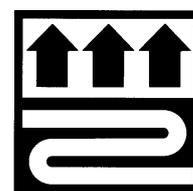
Nach dem Aushärten des Klebers sind diese zu verschweißen (Fliesen und Bahnen). Kunstharzbeschichtete und bitumhaltige Beläge sind wegen erhöhter Ausdünstung zu vermeiden. Dies gilt auch für die anzuwendenden Klebemittel.

Teppichböden

Die Teppichböden sollen keinen zu hohen Wärmeleitwiderstand haben. Als zulässige Höchstgrenze gilt gemäß DIN 66 095 „Textile Bodenbeläge“ Teil 4 ein $R_{\lambda,B}$ -Wert von 0,17 $m^2 K/W$. Ein durchschnittlicher ca. 8 mm dicker Teppich hat einen $R_{\lambda,B}$ -Wert von ca. 0,10 $m^2 K/W$. Günstigenfalls liegt der Wärmeleitwiderstand textiler Bodenbeläge bei 0,06 $m^2 K/W$. Textile Bodenbeläge müssen für Fußbodenheizungen tauglich und zudem sollten sie auch antistatisch sein, da die heizungsbedingt geringe Luftfeuchte in Bodennähe eine statische Aufladung von Teppichflächen begünstigt. Die Böden müssen verklebt werden. Spannteppichböden sind wegen der Luftpolsterbildung ungeeignet. Thermoplastische Rückenbeschichtungen (Latexschaum) können im Laufe der Zeit Geruchsbelästigungen verursachen.



a b c Teppichsiegel mit Symbolen
a Wohnbereich
b antistatisch
c Fußbodenheizung



Holz- / Parkettböden

Holz ist als Belag auf Heizestrichen nur bedingt geeignet. Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen bzw. Quellen und Schrumpfen des Materials bewirken, dass feine Risse und Fugen unvermeidbar sind. Die einzelnen Holzelemente sollten möglichst kleinformatig sein, damit das engmaschige Fugennetz die Dehnungsänderungen besser auffangen kann. Eine Versiegelung wird auf Dauer an den Fugen nicht feuchtigkeitsundurchlässig sein. Von Stabparkett ist abzuraten. Es sollten nur Harthölzer zum Einsatz kommen und diese nicht dicker als 10 mm sein. Die Holzfeuchte sollte bei Einbau im unteren Bereich der normengerechten Feuchtwerte liegen. In Bezug auf die Austrocknung des Holzes sind unbedingt die Verlegvorschriften zu beachten. Die Auslegungstemperatur der Fußbodenheizung soll auf max. 55°C begrenzt sein.

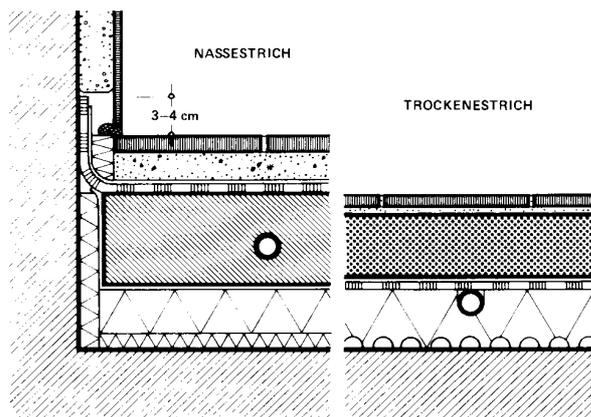
Keramische Beläge

Diese Beläge sind für Fußbodenheizungen unproblematisch. Fehler treten meistens nur auf, aufgrund von mangelhaften Einbringen des Estrichs, sowie falsche oder fehlende Anordnung von Dehnfugen.

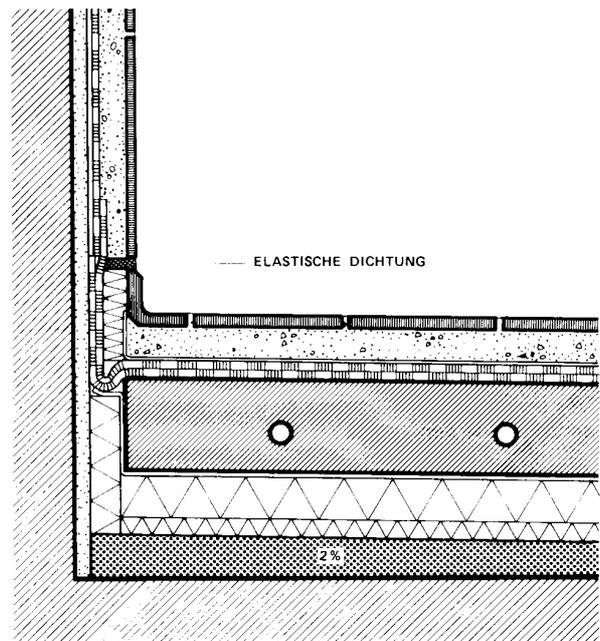
Keramikbeläge können folgendermaßen verlegt werden:

- im Dünnbettverfahren gemäß **DIN 18 157** (2-4 mm Dünnbett)
- im Dickbettmörtel von 15-20 mm Dicke
- im Estrich-Vollmörtelbett. Hierbei werden die Platten direkt in den frischen verdichteten Estrich verlegt.

Besonderer Augenmerk muss auf die Abdichtungen unter Keramikbelägen bei Feuchträumen gelegt werden. Durch die Dehnungen der Böden infolge der unterschiedlichen Wärmebeanspruchung, stellen die Randschlüsse in Feuchträumen generell Schwachstellen dar. Die nachfolgenden Bilder zeigen Möglichkeiten von Ausführungen.



Abdichtungen unter Keramikbelägen bei Feuchträumen mäßiger Beanspruchung (Spritz- und Putzwasser)

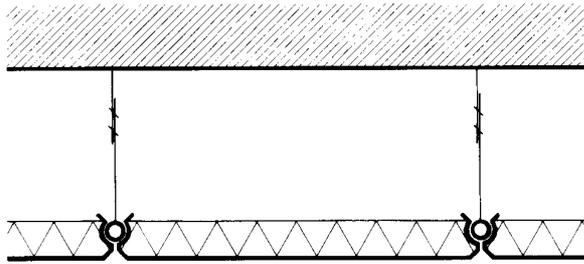


Rechts: Abdichtungen unter hochbeanspruchten Feuchträumen

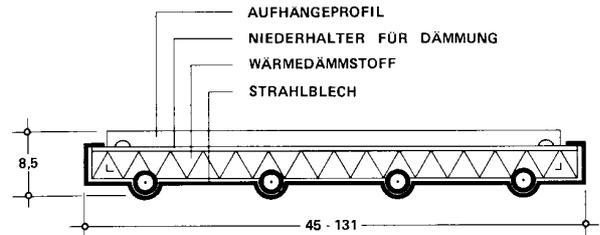
IV.3.3.2 Die Deckenstrahlheizung

Die Deckenstrahlheizungen werden vorwiegend für Großraumheizungen in z.B. Fabrik-, Lager-, Sport- und Ausstellungshallen eingesetzt. Kritisch ist sie jedoch in Räumen mit niedrigen Deckenhöhen, in denen teils sitzender und teils stehender Beschäftigung nachgegangen wird.

Bei der Ausführung von Deckenstrahlplatten haben sich allgemein abgehängte Rohrregister in Verbindung mit Blechplatten als Abstrahlfläche bewährt. Hierbei ist immer erforderlich, dass die Heizflächen auf der Oberseite ausreichend gegen zu großen Wärmeabfluss gedämmt sind.



Deckenstrahlheizungen mit an den Heizrohren angeklebten Abstrahlflächen aus Blech und oberseitiger Dämmauflage. Eine Perforierung der Bleche wirkt sich im allgemeinen schalltechnisch günstig aus.



Deckenstrahlplatten als Fertigelement
 (Fabrikat Frenger ZBN)

Für das menschliche Wohlbefinden in Räumen mit Deckenstrahlungsheizung ist die mittlere Oberflächentemperatur der Deckenheizfläche von wesentlicher Bedeutung. Die hierbei zulässige Oberflächentemperatur hängt von der Deckenhöhe über Kopf eines stehenden Menschen ab und der Einstrahlzahl. Werte hierzu und die entsprechenden Leistungsangaben sind den Herstellerunterlagen zu entnehmen.

IV.3.3.3. Das Wandheizelement

Bei den Wandheizelementen werden eine oder mehrere den Raum umschließende Wände als Heizfläche genutzt. Für die Aufheizung der Wände werden verschiedene Methoden angewandt. Eine gängige Methode besteht darin, an den Wänden mit Heizwasser durchströmte Rohrregister zu installieren, die im Putz eingelassen sind.

Eine abgewandelte Art der Beheizung besteht darin, am Fußsockel ein Heizelement anzubringen und die aufsteigende Warmluft durch Wandhohlräume zu führen, um somit die Wand aufzuheizen. Bei der einfachen Ausführung wird die warme Luft vor die Wand geleitet, wobei ein Wärmeschleier vor die kalte Außenwand gelegt wird, die den Kälteeinfall kompensiert.