

Heizflächenarten (Rechnagel Sprenger)

1. Überblick

Heizflächen haben die Aufgabe, die vom Heizmittel gelieferte Wärme in den zu heizenden Räumen durch Konvektion und Strahlung an die Raumluft zu übertragen. Die dazu verfügbaren Raumheizrichtungen (Raumheizflächen) teilen sich in freie Heizflächen (z. B. Heizkörper) und in im Baukörper integrierte Heizflächen (Flächenheizungen, z. B. Fußbodenheizungen, Wandheizungen) auf.

Konvektion und Strahlung

Die heute überwiegend eingesetzten Heizflächen übertragen Wärme an den Raum sowohl durch Konvektion (Lufterwärmung) als auch durch Strahlung (Umschließungsflächenerwärmung). Dabei schwanken die Strahlungs- und Konvektionsanteile bei den unterschiedlichen Systemen. Warmluftheizungen sind rein konvektive Heizsysteme, Wand- und Fußbodenheizungen haben einen hohen Strahlungsanteil.

Der unterschiedliche Anteil der Strahlung und Konvektion bewirkt für die einzelnen Heizflächenarten eine unterschiedliche Abhängigkeit der Heizkörperleistung von der Heizkörpertemperatur (bzw. Übertemperatur oberhalb der Raumtemperatur). Diese Abhängigkeit wird für alle Heizkörperheizungen vereinfachend durch den Heizkörperexponenten n ausgedrückt.

Konvektoren (hoher Konvektionsanteil) haben Heizkörperexponenten von etwa $n = 1,4$. Für Wand- und Fußbodenheizungen gelten Werte um etwa $n = 1,1$. Der Heizkörperexponent ist also ein Maß dafür, wie stark die Wärmeabgabe des Heizkörpers von der Übertemperatur abhängt. Je näher der Wert an 1,0 liegt, desto linearer hängen die Wärmeabgabe der Heizflächen und die Heizkörperübertemperatur als Differenz zwischen mittlerer Heizwasser- und Raumlufttemperatur zusammen.

Auswahl und Auslegungsgrundsätze

Die Leistungsbemessung der Heizflächen erfolgt nach der Berechnung der Normheizlast, seit dem Jahr 2004 nach der EN 12831¹. Dieses Verfahren für neue Gebäude sowie ein Ansatz für bestehende Gebäude sind in Abschnitt 2.4.4 beschrieben.

Temperaturniveau und Heizkörpergröße können im Neubau frei gewählt werden. Je geringer das Temperaturniveau, desto größer die notwendige Heizfläche (Kosten), aber umso gleichmäßiger ist die Wärmeverteilung (Behaglichkeit). Ein konträr diskutiertes Verfahren für den Neubau und für den Heizkörperaustausch im Modernisierungsfall wird in der VDI 6030-1² beschrieben. Im Bestand liegen die Heizflächen in der Regel fest und bestimmen das notwendige Temperaturniveau. Eine eigene Norm für die Auslegung von Heizflächen befindet sich z. Z. in Bearbeitung.

Für den Neubau kann keiner Auslegungsstrategie ein klarer Vorzug gegeben werden. Auslegungsspreizungen zwischen 50/40 °C bis 80/40°C sind für Heizkörperheizungen denkbar. Abzuwägen sind diverse Randdaten: Massenstrombedarf (höher bei geringer Spreizung), möglicher angestrebter Brennwerteffekt (höher bei geringer Rücklauftemperatur), gleichmäßige Wärmeverteilung (besser bei geringer Übertemperatur), fühlbare Wärme auch in der Übergangszeit (besser bei hoher Vorlauf- bzw. Übertemperatur), Investitionskosten (geringer bei hoher Übertemperatur) usw.

Zu bedenken ist, dass in der Praxis durch nicht korrekt eingestellte Vorlauftemperaturen sowie zu große Pumpförderhöhen große Heizflächen häufig zu einem starken Überangebot an Wärme führen.

Bauformen und Leistungen

¹ DIN EN 12831; Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast; 2003. DIN EN Beiblatt 1, Nationaler Anhang, 2004. DIN EN 12831 Beiblatt 1/A1, Änderungsblatt, 2005.

² VDI 6030 Blatt 1, Ausgabe: 2002-07; Auslegung von freien Raumheizflächen - Grundlagen - Auslegung von Raumheizkörpern

Es gibt eine große Anzahl Bauarten, die sich sowohl in der Bauform (Radiatoren, Konvektoren u.a.) als auch im Material (Gusseisen, Stahl, Aluminium usw.) und ihrem Regel- und Leistungsverhalten unterscheiden. Man unterscheidet unter den freien Heizflächen in:

- Flachheizkörper (Plattenheizkörper),
- Gliederheizkörper (Stahl- und Gussradiatoren),
- Röhrenradiatoren (incl. Handtuchheizkörper),
- Rohr- und Rippenrohrheizkörper,
- Konvektoren sowie
- weitere Sonderbauformen.

Die Heizkörperrnormleistungen werden durch anerkannte Prüfstellen (z.B. DIN Certco) ermittelt und sind in einschlägiger Literatur oder in Herstellerunterlagen dokumentiert. Nach EN 442³ werden Heizkörperrnormleistungen bei der Temperaturpaarung 75/65/20°C angegeben, d.h. bei $t_V = 75\text{ °C}$ (Vorlauf), $t_R = 65\text{ °C}$ (Rücklauf) und $t_L = 20\text{ °C}$ (Raumlufte) und unter atmosphärischem Normaldruck (1013 mbar). Diese Temperaturpaarung ist lediglich die Prüfstandstemperatur und keine Empfehlung für die Auslegung, wie die früher gültigen Normtemperaturen 90/70/20 °C. Im Folgenden sind Normwärmleistungen verschiedener, ausgewählter Typen und Größen angegeben.

Frühere Normleistungsangaben bezogen sich – wie beschrieben - auf die Temperaturpaarung 90/70/20 °C. Dies bedeutet, dass bei der Revision alter Herstellerunterlagen und für Berechnungen die Normleistung mit den heute verfügbaren Werten nicht vergleichbar ist. Es muss eine Umrechnung erfolgen (siehe unten).

Leistungsminderung bei Heizkörpern

In der Praxis kann die Heizleistung eines Heizkörpers aus unterschiedlichsten Gründen vermindert sein, z.B. durch:

- Nischeneinbau
- Verkleidungen und Abdeckungen
- Verbauung
- Fensterfronten direkt hinter Heizkörpern
- Anschlussart (Durchströmung des Heizkörpers)

Eine detailliertere Beschreibung erfolgt in Abschnitt 2.4.4.1-3.

Umrechnung der Heizkörperrnormleistung

Die Momentanleistung eines Heizkörpers unter nicht normierten Betriebsbedingungen kann rechnerisch aus der Normheizleistung ermittelt werden. Die Umrechnung der Heizkörperrnormleistung auf andere Temperaturen erfolgt in der Regel mit der 2. Heizkörpergleichung (siehe auch Abschnitt 2.4.4.-1.2). Es gilt:

$$\dot{Q}_{\text{Betrieb}} = \dot{Q}_{\text{Norm}} \cdot \left[\frac{\frac{t_{V,\text{Betrieb}} - t_{R,\text{Betrieb}}}{\ln\left(\frac{t_{V,\text{Betrieb}} - t_{L,\text{Betrieb}}}{t_{R,\text{Betrieb}} - t_{L,\text{Betrieb}}}\right)}}{\frac{75\text{ °C} - 65\text{ °C}}{\ln\left(\frac{75\text{ °C} - 20\text{ °C}}{65\text{ °C} - 20\text{ °C}}\right)}} \right]^n = \dot{Q}_{\text{Norm}} \cdot \left[\frac{\Delta t_{\ln,1}}{49,8\text{ K}} \right]^n$$

Die aus Rücklauftemperatur t_R , Vorlauftemperatur t_V und Lufttemperatur t_L gebildete Größe Δt_{\ln} wird als logarithmische Übertemperatur des Heizkörpers bezeichnet. Unter Normbedingungen nach EN

³ DIN EN 442-1; Radiatoren und Konvektoren; Teil 1: Technische Spezifikationen und Anforderungen (Ausgabe: 2003-12); Teil 2: Prüfverfahren und Leistungsangabe (Ausgabe: 2003-12); Teil 3: Konformitätsbewertung (Ausgabe: 2003-12)

442 beträgt sie 49,8 K. Für den gesuchten Betriebsfall muss die logarithmische Übertemperatur ebenfalls bestimmt werden. Dann kann eine Umrechnung der Leistung erfolgen.

Nach diesem Ansatz beträgt der Umrechnungsfaktor von der alten (90/70/20 °C) auf die neue (75/65/20 °C) Heizkörperrnormleistung:

$$\dot{Q}_{\text{Norm,EN442}} = 0,838^n \cdot \dot{Q}_{90/70} \approx 0,8 \cdot \dot{Q}_{90/70} \quad \text{mit } n = 1,3 \text{ (typischer Wert für Platten-Heizkörper)}$$

Der Exponent n ist der Heizkörperexponent. Er beschreibt den nicht linearen Zusammenhang zwischen der Leistungsabgabe und der mittleren Übertemperatur eines Heizkörpers. Werte siehe Abschnitt 2.4.4.-1.2.

Anschlussarten von Heizkörpern

Man unterscheidet im Wesentlichen die in Abbildung 1 gezeigten Anschlussarten für Heizkörper. Standard sind der gleichseitige Anschluss (Vorlauf oben, Rücklauf unten) sowie der wechselseitige Anschluss.

Wird bei gleichzeitigem Anschluss der Vorlauf unten und der Rücklauf oben angeschlossen, kommt es zu Leistungsminderungen von etwa 5... 10 %, bei Einrohrheizungen sogar 10... 15%.

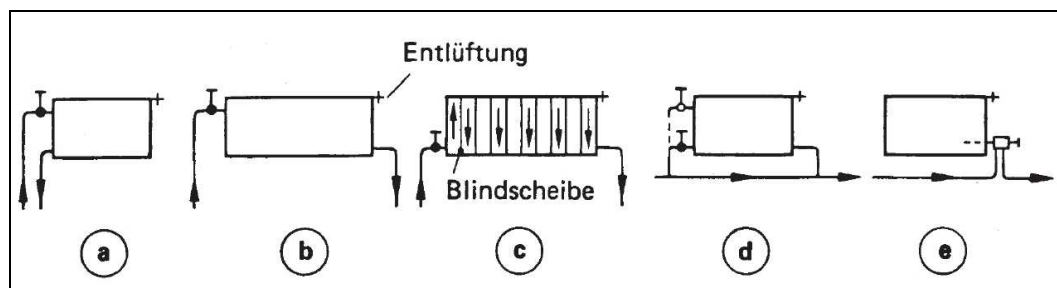


Abbildung 1 Anschlussarten für Heizkörper.

- (a) Normalanschluss
- (b) Wechselseitiger Anschluss
- (c) Anschluss reitend
- (d) Anschluss beim Einrohrsystem (e) Einrohrsystem mit Vierwegeventil

2. Plattenheizkörper (Flachheizkörper)

Flach- oder Plattenheizkörper werden aus Stahlblech gefertigt und in unterschiedlichen Bauformen ausgeführt. Man unterscheidet:

- Plattenheizkörper mit glatten oder profilierten Platten (Abbildung 2)
- Plattenheizkörper mit oder ohne Konvektorbleche (Abbildung 3).

Konvektorbleche sind senkrechte Leitbleche aus Stahlblech oder ggf. Aluminium (Lamellen) und jeweils an einer Seite einer Platte angebracht. Sie dienen der Erhöhung der Wärmeabgabe durch Konvektion. Die Rückseite wirkt als Konvektionsheizfläche, während die Vorderseite Wärme überwiegend in Form von Strahlung abgibt. Der Konvektionsanteil steigt mit Anzahl der Konvektorbleche.

Plattenheizkörper können mit Heizmitteln bis maximal 120 °C und 10 bar Betriebsüberdruck betrieben werden. Für den Betrieb mit Dampf gibt der Hersteller in der Regel keine Gewährleistung.

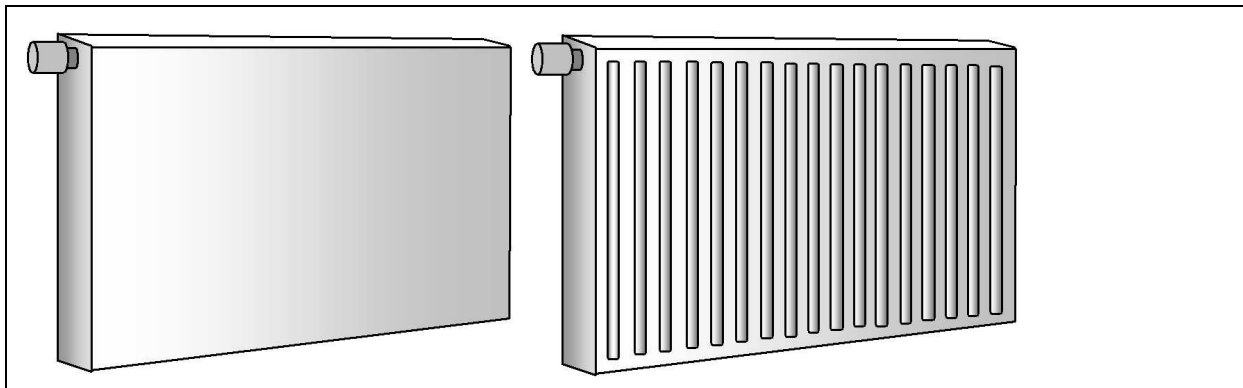


Abbildung 2 Prinzipskizze Flachheizkörpers, (links) glatt (rechts) profiliert

Vor- und Nachteile

Plattenheizkörper benötigen einen sehr geringen Einbauraum, weisen einen geringen Wasserinhalt auf und entsprechen in Form und Aussehen hohen Ansprüchen. Sie ergeben je laufenden Meter eine sehr große Heizleistung und sind damit bezogen auf die Heizleistung preiswerte und heute am meisten eingesetzte Heizkörper.

Die Ausführung mit Konvektorblechen muss gelegentlich gereinigt werden, da Staubablagerungen zu erwarten sind.

Typbezeichnung

Plattenheizkörper werden ein- oder mehrreihig hergestellt. Je nach Anzahl der hintereinander geschalteten Platten sowie je nach zusätzlicher Ausstattung mit Konvektorblechen ergibt sich eine Typbezeichnung. Für die Anzahl der Platten steht die erste Ziffer einer Zahl bzw. alternativ ein "P". Für die Anzahl der Konvektorbleche die zweite Ziffer bzw. ein "K". Siehe Abbildung 3.

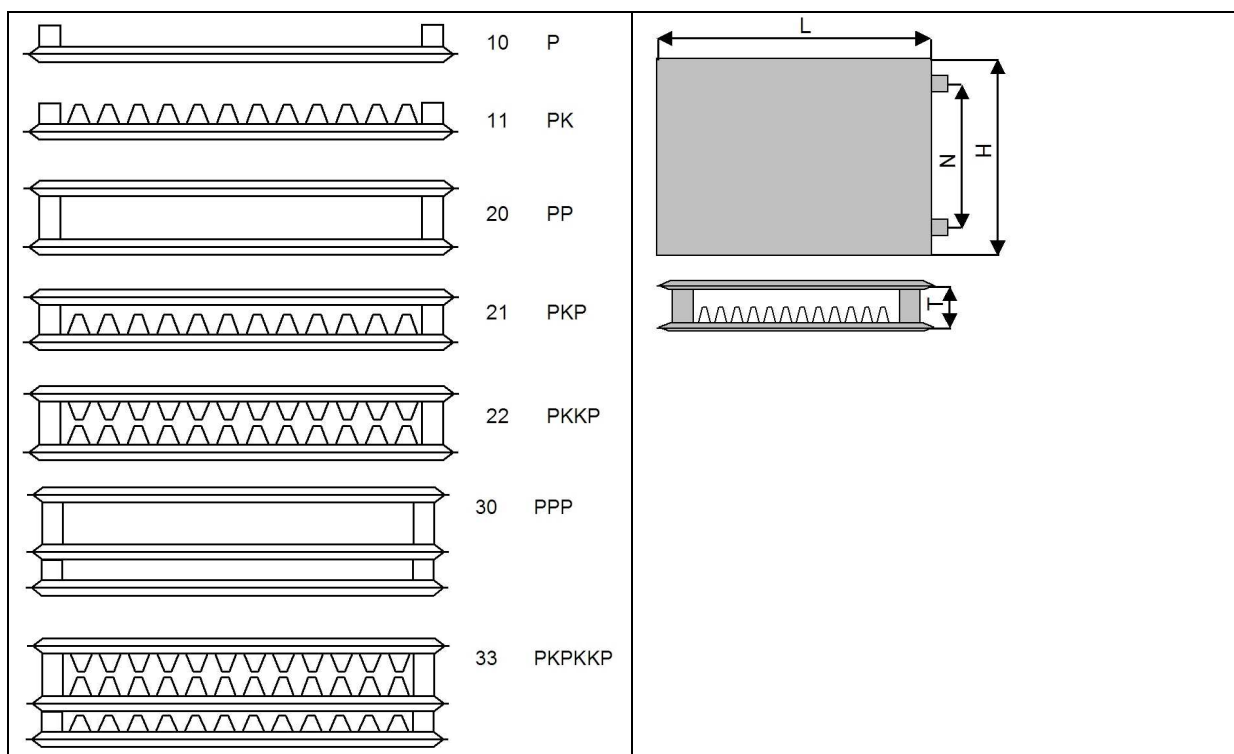


Abbildung 3 Typbezeichnung und Maße für Flachheizkörper
 erste Ziffer oder "P": Zahl der Platten,
 zweite Ziffer oder "K": Zahl der Konvektorbleche

Heizkörperleistung

Eine Zusammenstellung von Normwärmeleistungen (75/65/20 °C) glatter und vertikal profilierter Plattenheizkörper zeigen Tafel 2-1 und Tafel 2-2. Die Angaben erfolgen je laufenden Meter Heizfläche (W/m). Die Umrechnung der Wärmeabgabe auf andere Temperaturen erfolgt wie bei Radiatoren anhand der Gleichungen aus Abschnitt 2.3.81.

Tafel 2-1 Normwärmeleistungen für Senkrecht profilierte Flachheizkörper

Höhe H in mm	Nabenabstand N in mm	Typ	Bautiefe T in mm	Heizkörper-exponent n	Normwärmeleistung (76/65/20 °C) in W/m	Wasserinhalt in l/m	Masse in kg/m
350	300	10	65	1,25	436	2,7	11,6
		11	65	1,25	605	2,7	14,1
		21	100	1,27	915	5,4	20,1
		22	100	1,28	1102	5,4	23,1
		33	155	1,30	1566	8,1	34,2
500	450	10	65	1,25	586	3,5	15,2
		11	65	1,27	808	3,5	19,0
		21	100	1,30	1212	7,0	28,5
		22	100	1,29	1461	7,0	32,7
		33	155	1,31	2124	10,5	48,7
600	550	10	65	1,27	683	4,0	17,4
		11	65	1,28	943	4,0	22,1
		21	100	1,30	1406	8,1	33,8
		22	100	1,30	1694	8,1	39,0
		33	155	1,31	2461	12,1	58,1
900	850	10	65	1,29	978	5,6	24,3
		11	65	1,30	1345	5,6	31,5
		21	100	1,30	1961	11,3	49,9
		22	100	1,32	2355	11,3	57,8
		33	155	1,32	3315	16,9	86,2

Baulängen L = 400 ... 3000 mm

Tafel 2-2 Normwärmeleistungen für Glatte wandige Flachheizkörper

Höhe H in mm	Nabenabstand N in mm	Typ	Bautiefe T in mm	Heizkörper-exponent n	Normwärmeleistung (76/65/20 °C) in W/m	Wasserinhalt in l/m	Masse in kg/m
350	300	10	65	1,25	368	1,4	12,2
		11	65	1,26	531	1,4	14,5
		21	100	1,29	823	4,1	20,4
		22	100	1,28	1018	4,1	22,8
		33	155	1,29	1488	6,8	33,4
500	450	10	65	1,26	500	1,8	17,2
		11	65	1,28	738	1,8	21,0
		21	100	1,29	1124	5,3	29,4
		22	100	1,29	1432	5,3	33,2
		33	155	1,30	1981	8,8	48,8
600	550	10	65	1,26	588	2,0	20,3
		11	65	1,29	869	2,0	25,0
		21	100	1,29	1318	6,1	35,1
		22	100	1,29	1683	6,1	39,8
		33	155	1,30	2303	10,1	58,4
900	850	10	65	1,28	847	2,8	29,7
		11	65	1,30	1199	2,8	37,9
		21	100	1,33	1843	8,4	52,9
		22	100	1,32	2269	8,4	60,1
		33	155	1,33	3232	14,1	87,8

Baulängen L = 400 ... 3000 mm

3. Guss- und Stahlradiatoren (Gliederheizkörper)

Radiatoren bestehen aus einzelnen Gliedern gleicher Größe, die in größerer Zahl aneinandergereiht Heizflächen beliebiger Größe ergeben (daher Gliederheizkörper). Die Verbindung der einzelnen Glieder eines Gussradiators erfolgt durch Nippel mit Rechts- und Linksgewinde. Sie sind heute überwiegend im Anlagenbestand zu finden.

Arten und Materialien

Die ersten Radiatoren bestanden aus Gusseisen (Abbildung 4). Sie können mit Wasser und Dampf betrieben werden. Heute sind Stahlradiatoren typisch (Abbildung 5). Diese sind leichter, billiger, bruchsicher, aber weniger korrosionsfest als Gussradiatoren. Stahlradiatoren werden nur mit Heizwasser betrieben.

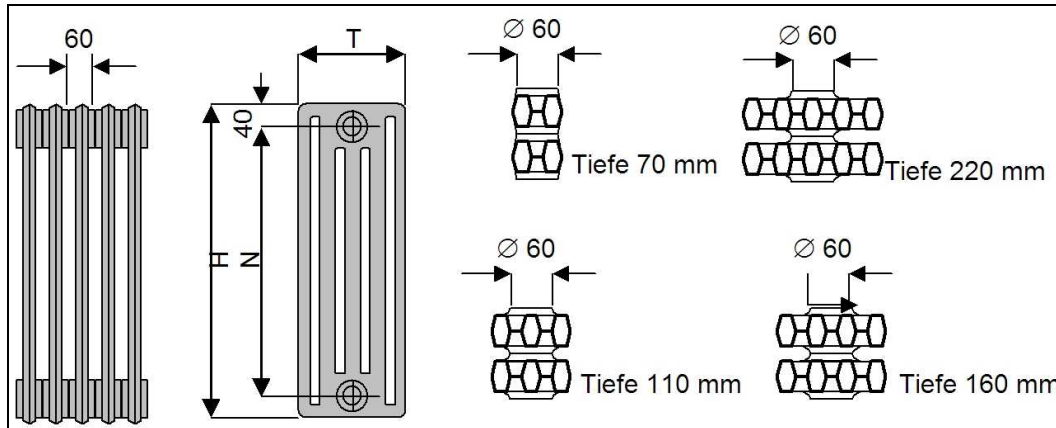


Abbildung 4 Gussradiator

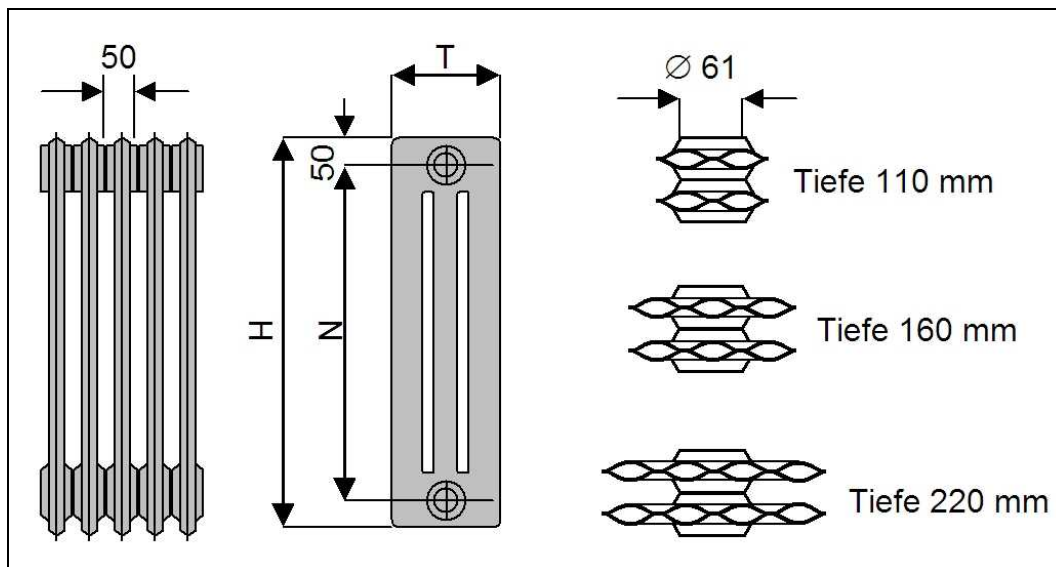


Abbildung 5 Stahlradiator

Außer den genormten Radiatoren gibt es auch noch eine Anzahl von Sonderbauarten aus Guss und Stahl mit anderen Abmessungen. Insbesondere werden Radiatoren mit geringerer Bautiefe als nach DIN- bzw. EN-Normen hergestellt, sogenannte Schmalsäuler mit etwa 60...70 mm Bautiefe. Aluminium-Gliederheizkörper sowie Kunststoffradiatoren sind recht teuer und finden seltener Verwendung.

Maße und Leistung

Die Abmessungen und Leistungen der Guss- und Stahlradiatoren sind in DIN 4703-1⁴ genormt. Eine Zusammenstellung der Normheizkörperleistungen (75/65/20 °C) liefern Tafel 3-1 und Tafel 3-2.

⁴ DIN 4703-1, Ausgabe: 1999-12; Raumheizkörper - Teil 1: Maße von Gliederheizkörpern

Tafel 3-1 Normwärmeleistungen für Gussradiatoren

Höhe H in mm	Nabenabstand N in mm	Tiefe T in mm	Normwärmeleistung in W/Glied		Wasserinhalt in l/Glied	Masse in kg/Glied
			Wasser (76/65/20 °C)	Sattdampf (100 °C)		
280	200	250	69	128	0,9	4,7
430	350	70	41	76	0,4	2,3
		110	53	97	0,6	3,2
		160	70	129	0,8	4,3
		220	92	169	1,1	5,9
580	500	70	51	95	0,5	3,1
		110	69	128	0,8	4,5
		160	95	175	1,1	5,9
		220	122	224	1,3	7,5
680	600	160	111	204	1,2	7,0
980	900	70	84	154	0,8	5,2
		160	154	284	1,5	9,9
		220	196	361	1,9	13,0

Heizkörperexponent n = 1,3

Tafel 3-2 Normwärmeleistungen für Stahlradiatoren

Höhe H in mm	Nabenabstand N in mm	Tiefe T in mm	Normwärmeleistung (76/65/20 °C) in W/Glied	Wasserinhalt in l/Glied	Masse in kg/Glied
300	200	160	38	0,8	1,0
		250	58	1,0	1,5
450	350	110	42	0,8	1,1
		160	56	1,0	1,5
		220	75	1,2	2,0
600	500	110	55	0,9	1,4
		160	75	1,2	2,0
		220	96	1,6	2,7
1000	900	110	92	1,2	2,3
		160	118	1,7	3,3
		220	154	2,4	4,5

Heizkörperexponent n = 1,3

Gussradiatoren können mit Wasser bis maximal 120 °C und 6 bar Betriebsüberdruck betrieben werden (Druckstufe PN 6). Kommt Dampf zum Einsatz, gelten als maximale Betriebstemperatur 133 °C und als maximaler Betriebsüberdruck 2 bar (Druckstufe PN 2).

Stahlradiatoren der Druckstufe PN 4 können mit Wasser bis maximal 110 °C und 4 bar Betriebsüberdruck betrieben werden. Für die Druckstufe PN 6 gelten als maximale Betriebszustände 120 °C und 6 bar.

Verkleidungen der Radiatoren sind nach Möglichkeit zu vermeiden oder zumindest leicht abnehmbar einzurichten. Sie sind mit genügend großen Öffnungen an der Vorder- und Oberseite zu versehen, um die Luftströmung so wenig wie möglich zu behindern. Die Verminderung der Wärmeabgabe beträgt dabei je nach Art der Verkleidung 3...7 %, bei unsachgemäßer Ausführung auch mehr, so dass die Heizkörper entsprechend größer auszuführen sind.

4. Rohrradiatoren

Stahlrohrradiatoren

Stahlrohrradiatoren sind Gliederheizkörper, wobei die einzelnen Glieder im Wesentlichen aus senkrecht angeordneten, oben und unten mit einem Sammler verschweißten Rohren bestehen. Maße und Wärmeleistungswerte der üblichen Stahlrohrradiatoren sind genormt. Stahlrohrradiatoren gibt es in mehreren Bauhöhen und Bautiefen (2- bis 6-säulige Ausführung), siehe Abbildung 6.

Tafel 4-1 Normwärmeleistungen für Stahlrohrradiatoren

Höhe H in mm	Nabenabstand N in mm	Tiefe T in mm	Rohre bzw. Säulen	Wärmeleistung (75/65/20 °C) in W/Glied	Wasserinhalt V in l/Glied	Masse in kg/Glied
190	120	65	2	14	0,28	0,32
		105	3	20	0,40	0,52
		145	4	26	0,52	0,71
260	190	65	2	19	0,34	0,42
		105	3	26	0,48	0,67
		145	4	33	0,63	0,91
		185	5	42	0,78	1,16
300	230	225	6	47	0,93	1,40
		65	2	22	0,37	0,48
		105	3	31	0,53	0,75
		145	4	40	0,69	1,03
400	330	185	5	48	0,86	1,30
		225	6	57	1,02	1,57
		65	2	28	0,45	0,62
		105	3	41	0,65	0,97
500	430	145	4	52	0,85	1,31
		185	5	64	1,06	1,66
		225	6	75	1,26	2,00
		65	2	37	0,53	0,76
600	530	105	3	51	0,77	1,18
		145	4	65	1,01	1,60
		185	5	80	1,26	2,01
		225	6	94	1,50	2,43
750	680	65	2	44	0,61	0,91
		105	3	60	0,89	1,39
		145	4	77	1,17	1,88
		185	5	95	1,45	2,37
900	830	225	6	113	1,74	2,86
		65	2	55	0,73	1,12
		105	3	75	1,07	1,71
		145	4	95	1,41	2,31
1000	930	185	5	117	1,75	2,90
		225	6	137	2,10	3,50
		65	2	67	0,84	1,33
		105	3	89	1,25	2,03
1200	1130	145	4	112	1,65	2,73
		185	5	138	2,05	3,44
		225	6	163	2,45	4,14
		65	2	73	0,92	1,47
1500	1430	105	3	98	1,37	2,25
		145	4	124	1,81	3,02
		185	5	151	2,25	3,79
		225	6	180	2,69	4,56
2000	1930	65	2	86	1,08	1,76
		105	3	116	1,60	2,67
		145	4	147	2,13	3,59
		185	5	179	2,65	4,50
2500	2430	225	6	209	3,17	5,42
		65	2	106	1,32	2,19
		105	3	143	1,96	3,31
		145	4	180	2,60	4,44
2500	2430	185	5	215	3,24	5,57
		225	6	250	3,88	6,70
		65	2	140	1,72	2,90
		105	3	189	2,56	4,38
2500	2430	145	4	237	3,40	5,87
		185	5	282	4,24	7,35
		225	6	330	5,08	8,84
		65	2	174	2,12	3,61
2500	2430	105	3	236	3,16	5,45
		145	4	295	4,19	7,29
		185	5	347	5,23	9,13
		225	6	403	6,27	10,97

Baulänge eines Gliedes beträgt 46 mm; Rohrdurchmesser 25 mm; Heizkörperexponent n = 1,3

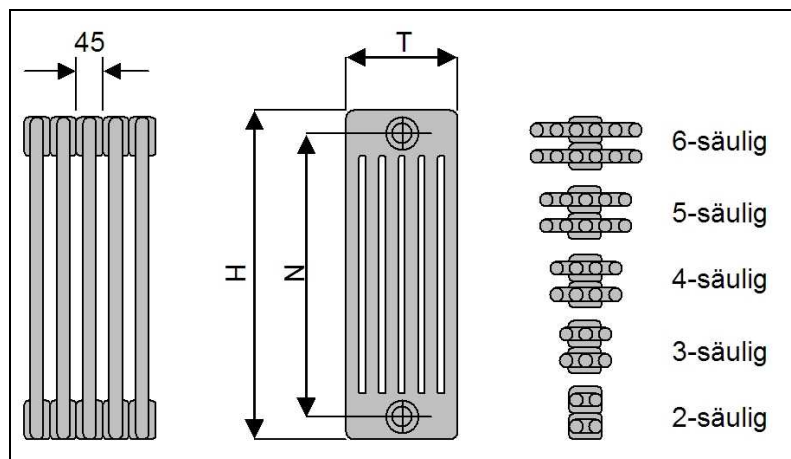


Abbildung 6 Stahlrohr radiator

Stahlrohr radiatoren der Druckstufe PN 12 werden mit Wasser bis maximal 120 °C und 12 bar Betriebsüberdruck betrieben. Für die Druckstufe PN 10 gelten als maximale Betriebszustände 120 °C und 10 bar.

Fensterbank radiatoren

Eine modifizierte Ausführung des Stahlrohr radiators ist der Fensterbank radiator mit liegend angeordneten Rohrreihen, siehe Abbildung 7. Normheizkörperleistungen eines Herstellers zeigt Tafel 4-2.

Tafel 4-2 Normwärmeeleistungen für Fensterbank radiatoren

Höhe H in mm	Gliederzahl	Länge L in mm	Nabenabstand N in mm	Tiefe T in mm	Wärmeeleistung (75/65/20 °C) W	Wasserinhalt V in l	Masse in kg
180	4	1500	1430	145	905	10,4	22,8
				185	1088	13,0	27,3
				225	1284	15,5	31,8
		2000	1930	145	1220	13,6	28,4
				185	1466	17,0	34,4
				225	1731	20,3	40,3
		2500	2430	145	1556	16,8	35,8
				185	1871	20,9	43,2
				225	2209	25,1	50,5
225	5	1500	1430	145	1086	13,0	27,2
				185	1306	16,2	32,8
				225	1528	19,4	38,5
		2000	1930	145	1435	17,0	34,3
				185	1724	21,2	41,7
				225	2060	25,4	49,2
		2500	2430	145	1868	21,0	43,1
				185	2247	26,2	52,3
				225	2627	31,4	61,5
270	6	1500	1430	145	1306	15,6	31,6
				185	1516	19,5	38,4
				225	1783	23,3	45,2
		2000	1930	145	1711	20,4	40,2
				185	2043	25,4	49,1
				225	2403	30,5	58,0
		2500	2430	145	2183	25,2	50,4
				185	2608	31,4	61,4
				225	3066	37,6	72,5
315	7	1500	1430	145	1465	18,2	36,1
				185	1758	22,7	44,0
				225	2049	27,2	51,9
		2000	1930	145	1975	23,8	46,1
				185	2371	29,7	56,4
				225	2763	35,5	66,8
		2500	2430	145	2520	29,4	57,7
				185	3024	36,6	70,6
				225	3524	43,9	83,4

Heizkörperexponent n = 1,3

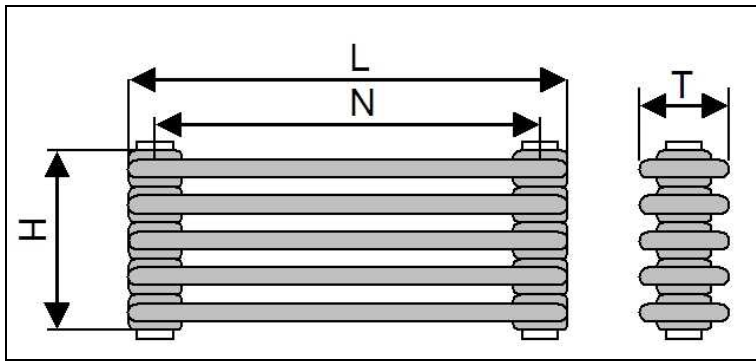


Abbildung 7 Fensterbankradiator

Fensterbankradiatoren werden mit Wasser bis maximal 120 °C und 10 bar Betriebsüberdruck betrieben (Druckstufe PN 10).

Handtuchradiatoren

Handtuchradiatoren sind eine weitere Sonderbauform der Rohrradiatoren (Abbildung 8). Sie dienen sowohl der Beheizung des Bades als auch dem Trocknen nasser Handtücher.

Handtuchradiatoren werden standardmäßig mit Wasser bis maximal 110 °C und 10 bar Betriebsüberdruck betrieben (Druckstufe PN 10).

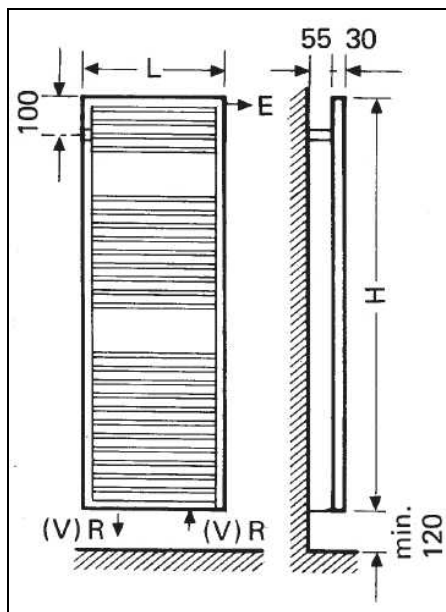


Abbildung 8 Handtuchradiator

Es ist zu beachten, dass bei Handtuchradiatoren mit zum Trocknen aufgehängten Handtüchern mit erheblichen Leistungsminderungen zu rechnen ist. Besonders deutlich ist dies bei trocknen Handtüchern mit einem Überdeckungsgrad von über 50 Prozent des Heizkörpers. Bei einer mittleren Heizkörpertemperatur um 40 °C ist beispielsweise mit Leistungsverlusten von 10 % (halbe Bedeckung mit einem nassen Handtuch) bis 40 % (volle Überdeckung mit einem trockenen Handtuch) zu rechnen.

Tafel 4-3 Normwärmeleistungen für Handtuchradiatoren

Höhe H in mm	Nabenabstand N in mm	Breite L in mm	Heizkörperexponent n	Wärmeleistung (75/65/20 °C) W	Wasserinhalt V in l	Masse in kg
721	451	516	1,22	406	2,70	7,90
	551	616	1,21	482	2,88	9,08
	701	766	1,19	595	3,15	10,85
	951	1016	1,17	781	3,60	13,80
1098	451	516	1,24	588	4,00	12,20
	551	616	1,22	698	4,46	13,92
	701	766	1,19	862	5,15	16,50
	951	1016	1,15	1133	6,30	20,80
1475	451	516	1,25	764	5,40	15,75
	551	616	1,24	906	5,86	18,08
	701	766	1,21	1119	6,55	21,53
	951	1016	1,18	1470	7,70	27,30
1852	451	516	1,26	934	6,80	19,30
	551	616	1,25	1108	7,26	22,20
	701	766	1,23	1368	7,95	26,55
	951	1016	1,21	1798	9,10	33,80

Hochdruckradiatoren

Die besonders in Hochdruckanlagen für Hochhäuser (Untergeschosse) und Fernheizungen verwendeten Röhrenradiatoren bestehen aus nahtlosen senkrecht angeordneten runden oder profilierten Rohren, die oben und unten in je ein gemeinsames Sammelrohr eingeschweißt sind (Abbildung 8).

Die senkrechten Rohre sind entweder glatt oder es sind zur Vergrößerung der Heizfläche Stahlbleche elektrisch angeschweißt, die verschiedene Formen aufweisen können. In der einfachsten Form sind es nur gerade Rippen an beiden Seiten der Rohre, meist jedoch sind die Flächen in Form von Flügeln oder Hufeisen ausgebildet. Durch diese Ummantelung entsteht ähnlich wie bei den Konvektoren eine Kaminwirkung, welche die Wärmeabgabe vergrößert. Außerdem wird ein Berührungsschutz vor den heizmittelführenden Rohren erreicht. Bei einsäuliger Ausführung beträgt die Bautiefe nur 3 cm und der Betriebsdruck bis 20 bar.

Oben erhalten die Heizkörper zwecks besseren Aussehens eine durchlochte Deckhaube, unten evtl. eine Deckleiste. Verwendung in Hochdruck-Heißwasser- oder Dampfheizungen bei Drücken bis 16 bar Überdruck und darüber sowie in Hochhäusern, wenn gusseiserne Radiatoren nicht mehr verwendet werden können.

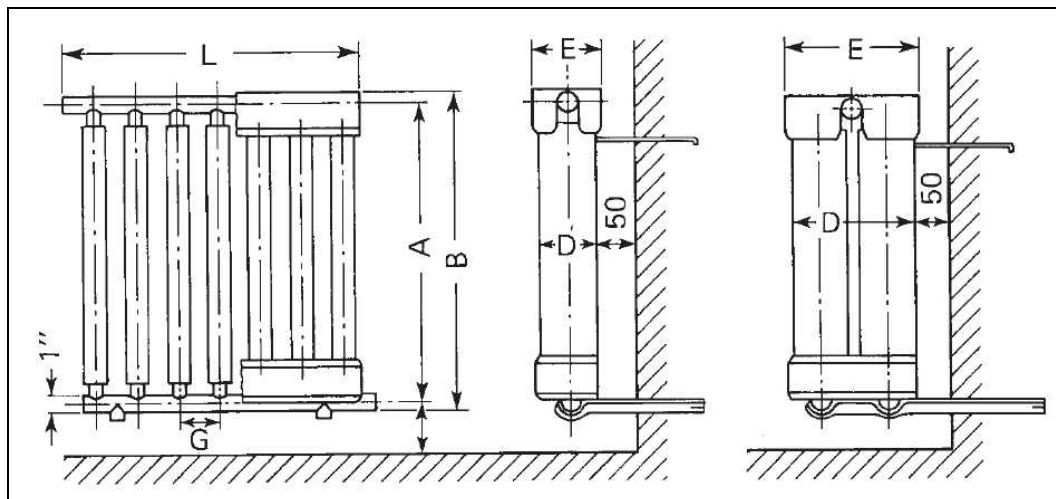


Abbildung 9 Hochdruckradiator

Es gibt weitere Sonderbauformen der Rohrradiatoren, beispielsweise in einreihiger Ausführung als Raumteiler sowie für andere dekorative Zwecke (Eingangshallen usw.). Heizleistungen erfordern in diesem Fall Einzelberechnungen.

5. Rohr- und Rippenrohrheizkörper

Glatte oder berippte Rohrheizkörper sind aus Gusseisen (früher) oder Stahl (heute) ausgeführt. Sie sind die einfachste Form der Heizfläche (Abbildung 10).

Rippenrohre geben dabei auf kleinerem Raum eine größere Wärmemenge ab als glatte Rohre (besseres Preis-Leistungs-Verhältnis). Nachteilig ist gegenüber den glatten Rohren die geringere Reinigungsmöglichkeit. Man unterscheidet folgende Bauarten:

1. Bandrippenrohre, bei denen die Rippen auf das Rohr schraubenförmig aufgewickelt sind (mit Wellung und ohne Wellung),
2. Scheibenrippenrohre, bei denen auf dem Rohr einzelne Scheiben befestigt sind. Hierzu gehören auch die gusseisernen Rippenrohre.

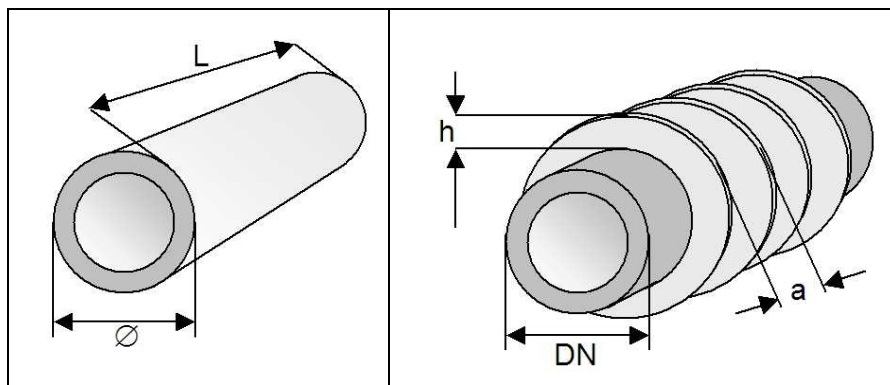


Abbildung 10 Rohrheizkörper
(links) glatt
(rechts) berippt

Wärmeleistungen sollten beim Hersteller erfragt werden, typische Werte für glatte Rohre gibt

Tafel 5-2 wieder, für berippte Stahlrohre Tafel 5-1.

Tafel 5-1 Normwärmeleistungen für Stahlrippenrohre

Nennweite DN	Rippenhöhe h in mm	Rippenabstand a in mm	Wärmeleistung (75/65/20 °C) in W/m
32	25	10	513
		12	482
		14	461
	30	10	598
		12	564
		14	543
50	30	10	682
		12	635
		14	607
	35	10	776
		12	725
		14	693
65	35	10	880
		12	824
		14	784
	40	10	988
		12	925
		14	877

Heizkörperexponent n = 1,25; Wärmeleistungen gelten für gewellte Stahlrippen, bei glatten Stahlrippen etwa 3...4 % geringere Leistung

Tafel 5-2 Wärmeleistungen für glatte Rohre

Nennweite DN	Gewinderohre nach DIN 2440				Stahlrohre nach DIN 2448/49			
	15	20	25	32	40	50	65	80
Außendurchmesser in mm	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9
mittlere Rohrüberrtemperatur in K	Wärmeleistung in W/m							
80	87	103	124	150	170	207	241	271
70	72	85	102	124	141	170	201	225
60	58	68	82	100	114	137	160	180
50	44	53	54	78	88	106	124	139
40	33	38	46	57	64	77	91	102

6. Konvektoren

Konvektoren geben ihre Wärme zum größten Teil durch Konvektion ab. Die Leistungsregulierung erfolgt wasserseitig (Massenstromveränderung), in älteren bestehenden Anlagen selten auch noch durch Änderung des Luftvolumenstroms (Regulierklappen, Abbildung 11).

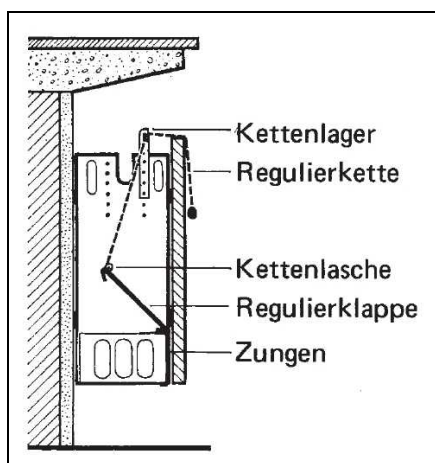


Abbildung 11 Konvektor mit Regulierklappe

Konstruktion und Funktion

Es gibt diverse Ausführungsformen der Konvektoren, ein Prinzipbeispiel zeigt Abbildung 12. Hauptbestandteil des Konvektors sind wasserführende Rohre und Lamellen. Die Rohre können rund, oval oder anders profiliert sein. Die Lamellen sind aufgespresst (Aluminium auf Kupferrohr) oder aufgeschweißt (Stahlblech auf Stahlrohr). Es gibt ein- oder mehrrohrige Ausführungen.

Der Konvektor selbst befindet sich in einem Gehäuse, einer Mauernische, in Bodenkanälen o.ä.. Die kalte Luft tritt unten in den Heizkörper ein, erwärmt sich an den Heizflächen und tritt nach oben oder vorn bzw. oben wieder aus (Abbildung 13).

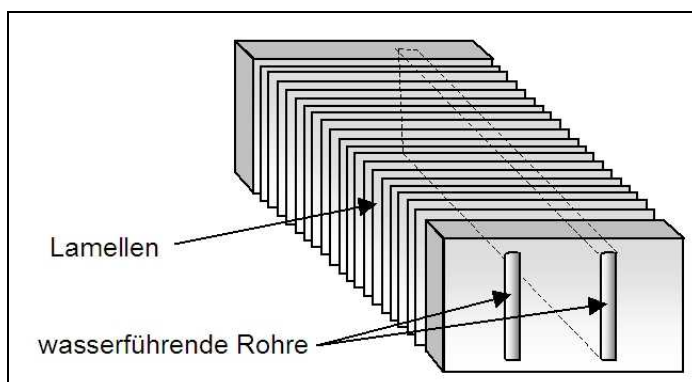


Abbildung 12 Prinzipskizze eines 2-rohrigen Konvektors

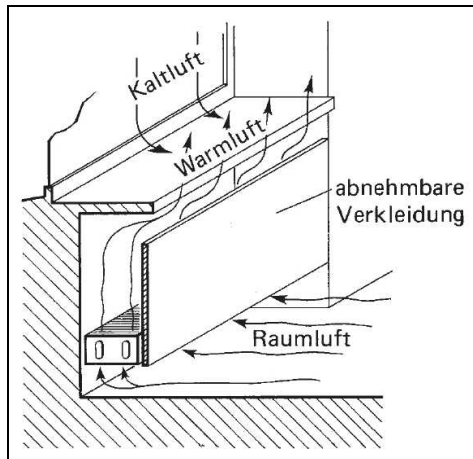


Abbildung 13 Konvektor mit abnehmbarer Verkleidung

Vor- und Nachteile

Konvektoren zeichnen sich durch geringes Gewicht (Heizflächenkosten), geringe Trägheit und wegen der kleinen Abmessungen durch diverse Einbaumöglichkeiten aus. Wegen der hohen Luftbewegung kommt es leicht zu Staubablagerungen, wegen der teilweise stark verbauten Lage ergeben sich schlechte Reinigungsmöglichkeiten.

Heizleistung

Es gibt keine genormten Abmessungen für Konvektoren, daher sind auch Heizleistungen beim Hersteller zu erfragen. Für das in Abbildung 14 dargestellte Konstruktionsprinzip eines Herstellers sind Leistungswerte (75/65/20 °C) in Tafel 6-1 angegeben. Die Baulänge versteht sich einschließlich der Heizmittelein- und -austrittskammern.

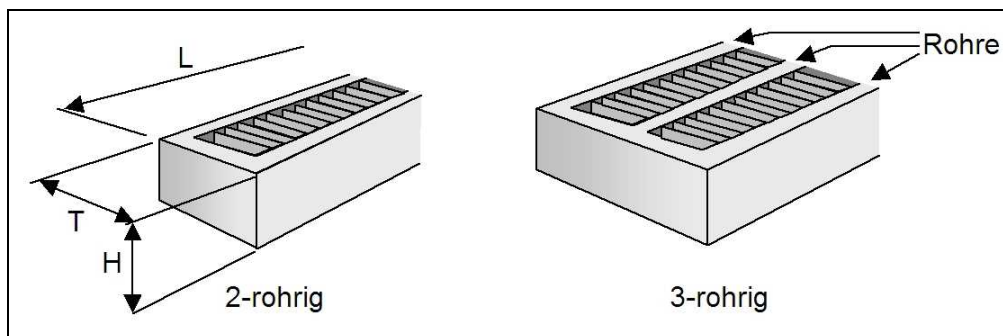


Abbildung 14 Konvektormaße

Tafel 6-1 Normwärmeleistungen für Standardkonvektoren

Höhe H in mm	Tiefe T in mm	Rohrreihen	Heizkörperexponent n	Wärmeleistung (75/65/20 °C) in W/m	Wasserinhalt V in l/m	Masse in kg/m
280	73	2	1,33	857	4,8	23,0
210			1,30	696	3,6	17,4
140			1,27	528	2,4	11,5
70			1,24	356	1,2	5,7
280	134	3	1,36	1420	7,6	38,3
210			1,35	1195	5,7	28,7
140			1,32	914	3,8	10,1
70			1,20	589	1,9	9,5
280	196	4	1,39	1990	10,4	53,9
210			1,37	1686	7,8	40,4
140			1,32	1284	5,2	26,9
70			1,18	800	2,7	13,3
280	257	5	1,41	2574	13,0	69,4
210			1,38	2145	9,8	51,9
140			1,32	1613	6,5	34,5
70			1,17	972	3,3	17,1

Minderleistung bei Anordnung in Bodenkanälen ohne Abdeckung etwa 20 %, mit Gitterabdeckung etwa 35 %.

Generell gilt für alle Konvektoren, dass die Heizleistung mit steigender Luftgeschwindigkeit ansteigt. Dies kann beispielsweise durch eine größere Kaminhöhe (Abstand Oberkante Heizkörper bis Unterkante Luftaustrittsöffnung) erreicht werden. Da die Maße für Schachthöhe und Luftdurchlasshöhe die Heizleistung erheblich beeinflussen, müssen hier die Herstellerangaben sorgfältig beachtet werden.

Die Verkleidung der Heizkörper kann aus beliebigem Material hergestellt werden, z.B. Blech, Eternit, Holz, Hartfaserplatten usw. Die Verkleidung muss seitlich dicht am Konvektor anliegen, damit die Luft nicht am Heizkörper im Kurzschluss vorbeistreicht. Für Wirtschaftlichkeitsvergleiche verschiedener Heizflächenausführungen sind unbedingt die Kosten für die Verkleidung zu berücksichtigen.

Die Heizleistung der Konvektoren hängt sehr stark von der Übertemperatur ab (hohe Heizkörperexponenten um 1,3 ... 1,4). Dies hat einen negativen Einfluss auf das Wärmeabgabeverhalten im Teillastfall. Die Temperatur kann nicht beliebig herabgesetzt werden – dies ist bei Modernisierungen zu beachten. Eine Minderung der Leistung nach der (baulichen) Modernisierung kann erreicht werden, indem einzelne Konvektoren komplett stillgelegt werden und die verbleibenden weiterhin mit hoher Temperatur betrieben werden. Alternativ wird die Temperatur weit herabgesetzt und eine Zwangsdurchströmung per Gebläse vorgesehen.

Einbaumöglichkeiten von Konvektoren

Abbildung 15 zeigt verschiedene Einbaumöglichkeiten von Konvektoren. Die Aufstellung ist an den Außenwänden unter den Fenstern wie auch an den Innenwänden möglich. Im letzten Fall kann der Heizkörper auch so ausgebildet werden, dass er direkt in der Zwischenwand zwischen den Räumen angebracht wird und so gleichzeitig zur Heizung von zwei und mehr Räumen dient (Zentralkonvektor).

Infolge der geringen Abmessungen der Konvektoren sind auch viele andere Anordnungen möglich, z.B. unter Sitzbänken, Verkaufsregalen, Tischen usw.

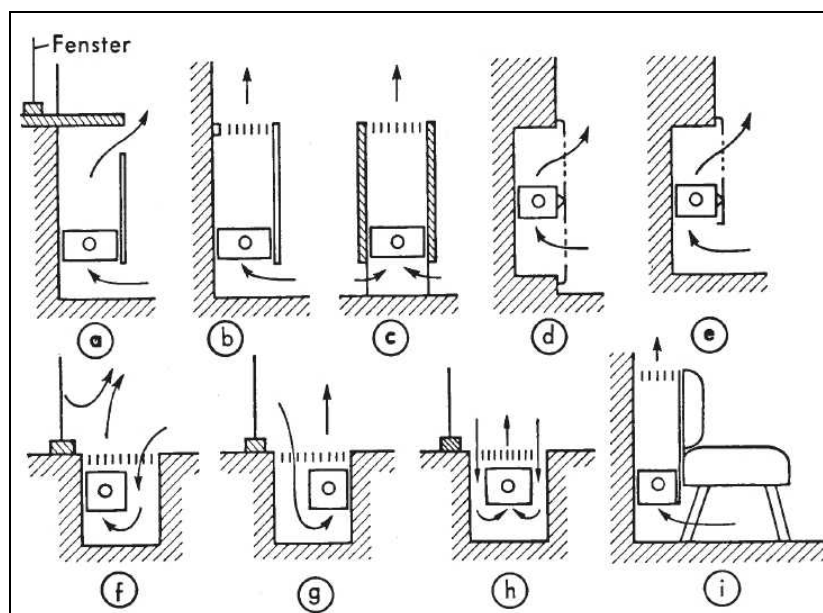


Abbildung 15 Verschiedene Einbaumöglichkeiten von Konvektoren.

- a) Konvektor unter Fenster,
- b) Konvektor vor Wand,
- c) Konvektor freistehend,
- d) Konvektor in Wand eingebaut,
- e) Konvektor in Wand eingebaut,
- f) Unterflurkonvektor mit Raumluftansaugung,
- g) Unterflurkonvektor mit Kaltluftansaugung,
- h) Unterflurkonvektor mit beidseitiger Ansaugung,
- i) Konvektor hinter Bank

Bei den Unterflurkonvektoren (sehr geringe Bauhöhe) ist die Leistung wesentlich geringer. Eine Erhöhung ist durch Einsatz eines Ventilators möglich. Eine Vergrößerung der Leistung der Konvektoren

erhält man auch durch Verbindung mit einer Primärluftzuführung. Die zentral ggf. vorgewärmte und ggf. gefilterte Luft tritt unterhalb des Konvektors in einen Sammelkasten und strömt durch Düsen nach oben durch den Konvektor, wobei seitlich Sekundärluft angesaugt wird.

Gebläsekonvektoren

Gebläsekonvektoren sind eine Weiterentwicklung der normalen Konvektoren. An Stelle der natürlichen Luftzufuhr (durch Kaminwirkung) ist ein Ventilator installiert, der die Luft zwangsweise über den Wärmeaustauscher bläst oder saugt (Abbildung 16). Die Leistung beträgt dann das 1,5 ... 2,5-fache (bei sonst gleicher Konstruktion). Der Gebläsekonvektor kann einen zusätzlichen Filter zur Luftreinigung erhalten oder direkt an Außenluft angeschlossen werden. Diese Bauart wird heute auch häufig zu dezentralen Einzelgeräten für die Wohnungslüftung mit und ohne Wärmerückgewinnung erweitert.

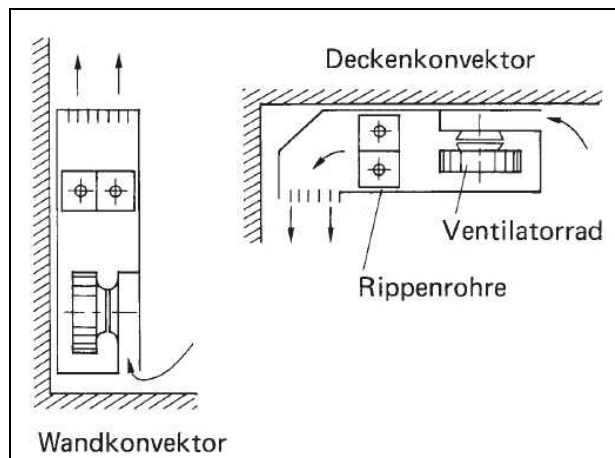


Abbildung 16 Gebläsekonvektoren

Vorteile der Gebläsekonvektoren sind die große Heizleistung und das schnelle Anheizen. Nachteilig sind die höheren Kosten (Investition und Betrieb) sowie die Ventilatorgeräusche.

7. Weitere freie Heizflächen

Sockelheizkörper (Heizleisten)

Sockelheizkörper (auch Fußleisten-Heizkörper oder Heizleisten genannt) sind langgestreckte, schmale und niedrige Heizkörper, die an den Wänden der Räume wie Fußleisten angebracht werden (Abbildung 17). Die Sockelheizkörper sind für Wasser- und Dampfheizungen geeignet, besonders in Einrohr-Pumpenheizungen.

Vorteilhaft sind der geringe Platzverbrauch, der geringe Preis, die gute Wärmeverteilung sowie die leichte Installation. Es ergibt sich allerdings ein erhöhter Reinigungsaufwand sowie häufig Knackgeräusche bei wechselnder Heizwassertemperatur (morgendliches Aufheizen).

Sockelheizkörper können aus diversen Materialien (Stahl, Gusseisen, Kupfer, Leichtmetall) gefertigt werden. Die Wärmeabgabe erfolgt überwiegend konvektiv. Die Leistungsregelung erfolgt durch Luftklappen, wobei die angebotene Maximalleistung nur bis etwa 30 % heruntergeregelt werden kann.

Die Höhe der Heizkörper beträgt etwa 100 bis 350 mm, die Tiefe 40 bis 150 mm. Überschlagswerte für die Wärmeabgabe einfacher Sockelheizkörper bei 80 °C mittlerer Wassertemperatur liegen zwischen 450...800 W/m.

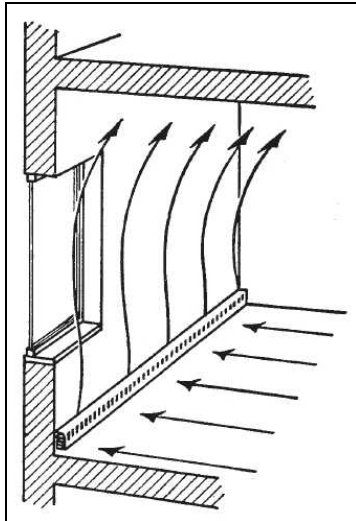


Abbildung 17 Sockelheizkörper

Fassadenheizung (Fensterrahmenheizelement)

Gelegentlich werden im Rahmen von Fenstern oder Fassadenelementen Heizrohre untergebracht oder es wird der Rahmen teilweise von Wasser durchflossen (Gärtner-Fassade). Diese Art der Heizkörper soll die kalte Strahlung der Fensterscheibe kompensieren, um die Behaglichkeit zu erhöhen. Da bei modernen Wärmeschutzgläsern mit $U = 2... 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ die inneren Oberflächentemperaturen dieser Verglasung heute nicht mehr so tief liegen, ist die Bedeutung der Heizfläche am Fenster rückläufig.

Eine gute Wärmedämmung nach außen ist wichtig. Im Kühlfall ist je nach Raumfeuchte Schwitzwasserbildung zu beachten.

8. Deckenheizung

Der größte Teil (über 70 %) der Wärme wird von der Decke durch Strahlung abgegeben, daher auch der Name Strahlungsheizung. Die von der beheizten Decke ausgehenden Wärmestrahlen treffen auf die übrigen Raumflächen, die dadurch erwärmt werden und ihrerseits wieder Wärme teils durch Strahlung, teils durch Konvektion abgeben.

Unterscheidungen

Man unterscheidet bei der Deckenheizung folgende Ausführungen: die Rohrdeckenheizung, die Lamellenrohrdeckenheizung, die Strahlplattenheizung, die Hohlraumdeckenheizung sowie direkt beheizte Hell- und Dunkelstrahler. In steigendem Umfang werden Systeme für die kombinierte Heizung/Kühlung eingesetzt.

Werden Deckenheizungen als Deckenstrahlplatten ausgeführt und mit Wasser als Wärmequelle betrieben, sind wegen der geringeren Temperatur größere Heizflächen als bei direkt beheizten Hell- und Dunkelstrahlern notwendig.

Anwendung

Typische Einsatzgebiete von Strahlungsheizungen sind Industriehallen, Sportbauten und Werkstätten. Sinnvoll ist die Deckenheizung in hohen Hallen, um die dort auftretende Temperaturschichtung zu mindern.

Im Wohnbereich, in Büros oder anderen Räumen mit geringer Raumhöhe sind die in den 70er-Jahren häufig eingebauten Deckenheizungen möglichst zu vermeiden, da permanente Strahlung von oben häufig als unangenehm empfunden wird.

Rohrdeckenheizung

Bei der Rohrdeckenheizung werden nahtlose Rohre in der Decke (im Beton oder im Deckenputz, siehe Abbildung 18) verlegt. Die ältere Art der Verlegung der Rohre in der Betondecke (Vollbetondecken, Decken mit unterem Tragbeton) wird auch Crittall-Decke genannt. Bei anderen Deckenkonstruktionen, z.B. Hohlsteindecken, wird eine besondere, etwa 6 bis 7 cm starke Betonheizdecke aufgehängt, in der die Heizrohre liegen. Auf dieser Heizdecke liegt dann die eigentliche Tragdecke. In jedem Fall muss die Verlegung der Heizrohre gleichzeitig mit der Deckenherstellung erfolgen.

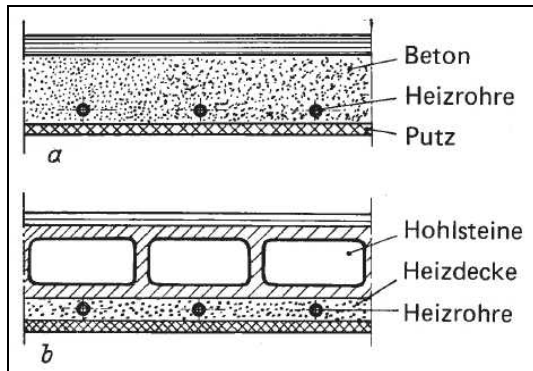


Abbildung 18 Rohr-Deckenheizungen mit Heizrohren in Beton.

a) Heizrohre im Beton der Tragdecke

b) Heizrohre in einer besonderen Betonheizdecke unterhalb der Hohlstein-Tragdecke

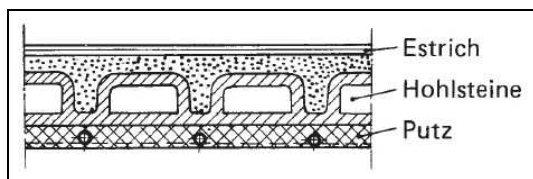


Abbildung 19 Rohr-Deckenheizung mit Heizrohren im Deckenputz.

Lamellendeckenheizung

Die Lamellendeckenheizungen sind aus den Rohrdeckenheizungen entwickelt worden, um die Trägheit der Heizung zu vermindern und eine schnellere Anpassung an die aktuelle Heizlast zu erreichen. An den Heizrohren sind zusätzlich Lamellen (meist Aluminiumblech) befestigt, welche die Wärmeableitung aus den Rohren erhöhen (Abbildung 20).

Die spezielle Ausführung (vor allem der Heizflächen an der Decke) der Lamellenheizung ist je nach Hersteller verschieden. Unterhalb der Heizflächen können flächige Gipsputze aufgebracht werden oder einzelne Platten (über die gesamte Deckenfläche).

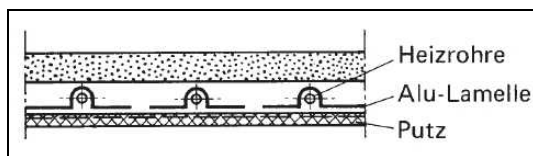


Abbildung 20 Lamellen-Deckenheizung.

Deckenstrahlplatten

Die Strahlplattenheizung verwendet Heizplatten, die mit der Decke keinerlei direkte Verbindung mehr haben, sondern frei im Raum aufgehängt sind (Abbildung 21). Die Platten selbst bestehen meist aus Stahlblechen, an denen die Rohre mit Schellen befestigt oder angeschweißt sind.

Die Platten werden entweder als langgestrecktes Band (Bandstrahler) oder in einzelnen Stücken an der Decke angeordnet. Die Oberseite ist wärmedämmend. Die Strahlplattenheizung wird mit Heizwassertemperaturen zwischen 30°C und 90°C betrieben.

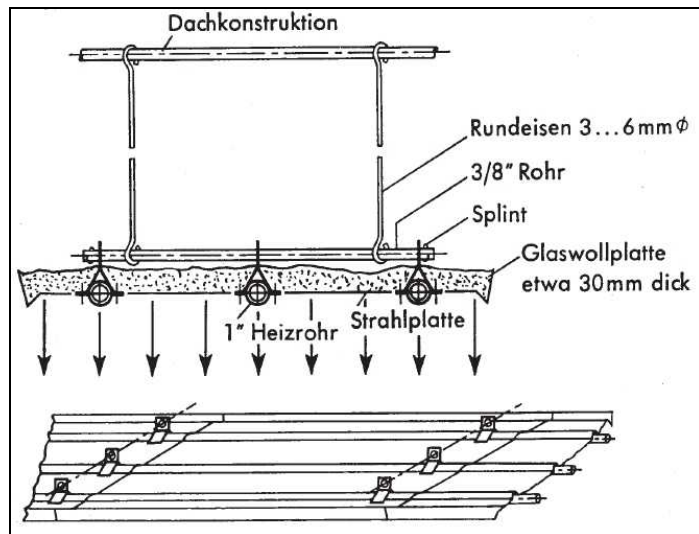


Abbildung 21 Bandstrahlplatte mit drei Heizrohren

Wärmeleistungen für unterschiedliche Ausführungen sind beim Hersteller zu erfragen. Für ein konkretes Beispiel (nach Abbildung 22) sind Wärmeleistungen in Tafel 8-1 zusammengestellt.

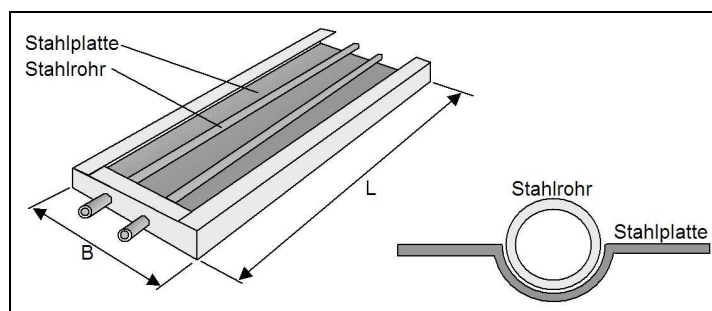


Abbildung 22 Deckenheizung Schema und Maße

Tafel 8-1 Wärmeleistung von Deckenstrahlplatten mit eingelegter Wärmedämmung

Typ	300/2	450/3	600/4	750/5	900/6	1160/7	1310/8
Breite B in mm	300	450	600	750	900	1160	1310
Anzahl der Rohre	2	3	4	5	6	7	8
Übertemperatur in K	Wärmeleistung in W/m						
120	512	688	867	1050	1256	1395	1625
112	471	634	799	968	1157	1288	1497
104	431	581	733	888	1059	1182	1371
96	392	529	668	809	963	1077	1296
88	353	477	603	730	868	974	1123
80	315	426	539	653	775	872	1003
72	277	377	477	578	684	771	885
64	241	328	415	503	594	673	769
58	214	292	370	449	529	600	684
50	179	245	311	377	443	505	573
46	162	222	282	342	401	459	519
42	145	199	254	308	360	413	466
38	129	177	226	274	320	368	414
34	113	155	198	240	280	323	362
30	97	134	171	207	241	280	312

Wird die Deckenstrahlplatte nicht parallel zur Fußbodenfläche, sondern in Längs- oder Querrichtung schräg angeordnet, ergibt sich je nach Winkel eine erhöhte Wärmeleistung; bei 5 ° etwa 1 %, bei 20 ° etwa 4 %, bei 45 ° etwa 10 %

Hohlraumdeckenheizung

Bei der Hohlraumdeckenheizung sind die Heizrohre in dem Zwischenraum zwischen Tragdecke und Zwischendecke verlegt. Oberhalb der Heizebene befindet sich eine Wärmedämmung. Als Heizmittel kommt Warmwasser, Heißwasser oder Dampf zum Einsatz. Zwischendecke wird als Putzdecke, Plattendecke oder Metalldecke ausgeführt. Auch Verwendung von Lochdecken, wobei gleichzeitig Lüftung

und Schalldämmung möglich sind. Vorteilhaft ist die Möglichkeit nachträglichen Einbaues sowie nachträglicher Änderung von Gebäuden.

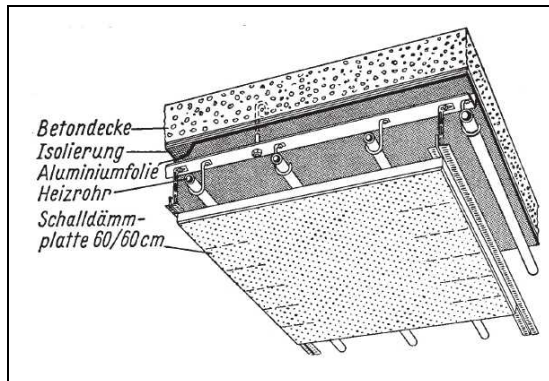


Abbildung 23 Hohlraumdeckenheizung mit Akustikplatten.

Direkt beheizte Hell- und Dunkelstrahler

Direkt beheizte Hell- und Dunkelstrahler sind mit Gas befeuerte Heizeinrichtungen. Sie werden häufig in Werk- und Produktionshallen eingesetzt.

Hellstrahler nutzen das heiße Abgas der Verbrennung. Die wärmeabgebenden Teile – meist Keramik- oder Metallplatten – sind sichtbar glühend. Sie benötigen keine Abgasführung und können auch als mobile Geräte (mit Gasflasche) verwendet werden. Bei Dunkelstrahlern strömen Heißluft oder Abgase mit über 300°C durch unter der Hallendecke angebrachte Rohre. Das Heizmittel wird durch abstrahlende Platten oder Rohre geleitet. Die Abstrahlung erfolgt äußerlich nicht sichtbar.

Da sowohl Hell- als auch Dunkelstrahler mit sehr hohen Temperaturen betrieben werden und die Strahlungstemperatur sich in der vierten Potenz vom Abstand zur Strahlungsquelle ändert, ist auf einen genauen Einbauabstand zur bestrahlten Fläche zu achten. Bei zu großer Nähe zur Strahlungsquelle kann es für Personen zu thermischer Unbehaglichkeit kommen. Bei zu großen Entfernungen zur Strahlungsquelle können nur noch geringe Temperaturen erreicht werden. Es ist auf die richtige Installationshöhe nach Angaben der Hersteller zu achten.

9. Fußbodenheizungen

Fußbodenheizungen geben ihre Wärme zu etwa zwei Dritteln durch Strahlung und einem Drittel durch Konvektion ab. Sie zählen daher zu den Strahlungsheizungen. Die Fußbodenheizung besteht aus Heizschlangen im Beton, Estrich oder in Hohlräumen des Fußbodens.

Vor- und Nachteile

Wesentliche Vorteile der Fußbodenheizung sind die möglichen niedrigen Vorlauftemperaturen (Wärmepumpen, Brennwerttechnik und Solarheizung) des Heizsystems sowie die geringe Staubbildung im Raum. Es besteht kein Platzbedarf für Raumheizkörper im Aufenthaltsbereich, eine gleichmäßige Wärmeverteilung im Raum kann erreicht werden.

Nachteilig sind bei im Estrich verlegten Systemen die größere Trägheit der Heizflächen und daher eine schlechtere Regelfähigkeit. Es ergeben sich höhere Investitionskosten, eine nachträgliche Änderung des Heizsystems ist praktisch unmöglich. Dichte Rohrverbindungen innerhalb des Fußbodenaufbaus sind unabdingbar.

Systeme

Man unterscheidet Fußbodenheizsysteme in Nass- und Trocken-Systeme. Bei den Nass-Systemen liegen die Heizrohre oberhalb der Dämmschicht im Estrich, welcher flüssig eingebracht werden muss. Die Heizrohre werden auf Trägermatten, Rosten, Stahlgeweben befestigt, direkt auf der Wärmedämmung verlegt oder auf Verlegeplatten eingespannt. Der Estrich (Heizestrich) mit metallhaltigen Zusatzstoffen zur Erhöhung der Wärmeleitung verteilt die Wärme sehr gleichmäßig, es können zu-

sätzlich Wärmeverteilleche unterhalb der Rohre eingebracht werden.

Beim Trocken-System werden die Rohre in Schaumplatten verlegt und mit Trockenplatten abgedeckt. Trockensysteme haben geringere Aufbauhöhen und eignen sich daher besser für die Nachrüstung von Fußbodenheizungen in bestehenden Gebäuden sowie in Gebäuden mit stark veränderlichen Betriebsbedingungen (Turnhallen o.ä.) wegen der geringeren Trägheit. Beide Systeme sind in Abbildung 24 dargestellt. Vorzusehen sind Randdämmstreifen von min. 1 cm Dicke zur Aufnahme der Wärmeausdehnung und zur Begrenzung der Wärmeverluste an die Wand. Weiterhin sind auch vor Türen und bei Flächen über ca. 30 m² im Fußboden Bewegungsfugen vorzusehen. Bei sehr großen Bodenflächen verwendet man statt Zementestrich häufig Anhydritestrich (Gipsestrich) als Lastverteilschicht. Es können handelsübliche Bodenbeläge mit Wärmeleitwiderständen des Belags bevorzugt bis 0,1 m²K/W eingesetzt werden. Diese sind vollflächig ohne Lufteschlüsse auf den Heizestrich aufzubringen. Zur Vermeidung von Estrichrissen, v. a. bei keramischen Bodenbelägen sollte über den Heizrohren eine belappte Bewehrung eingelegt werden.

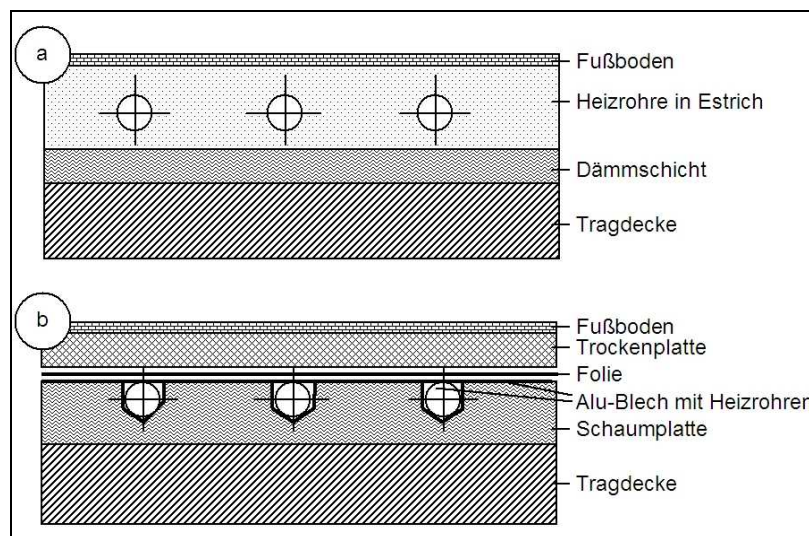


Abbildung 24 Systeme für Fußbodenheizungen

- (a) Nasssystem;
- (b) Trockensystem

Wärmeleistung

Die Wärmeleistung von Fußbodenheizungen richtet sich bei vorgegebener Raumtemperatur allein nach der Oberflächentemperatur der Fußbodenoberfläche. Einer bestimmten mittleren Übertemperatur des Fußbodens wird eine Leistung gemäß der Basiskennlinie unabhängig vom speziellen Fußbodenheizsystem zugeordnet (siehe auch Abschnitt 2.4.4.-3).

$$\dot{q}_{FBH} = 8,92 \cdot (\vartheta_{FB,Oberfläche} - \vartheta_{Luft})^{1,1}$$

In dieser Gleichung findet sich auch der für Fußbodenheizungen maßgebliche Heizkörperexponent von $n = 1,1$ wieder. Die Wärmeleistung \dot{q}_{FBH} wird auf den Quadratmeter bezogen (in W/m²) bestimmt. Eine Auslegung erfolgt üblicherweise mit Diagrammen der Hersteller.

Die mit einer Fußbodenheizung erreichbaren Temperaturen an der Fußbodenoberfläche (damit die Wärmeleistung) richten sich nach dem verwendeten System (Nass-/Trocken-), der Verlegedichte der Rohre, der mittleren Heizwasserübertemperatur sowie den Wärmeleitwiderständen oberhalb und unterhalb der Heizebene. Es ist darauf zu achten, dass oberhalb der Heizebene deutlich geringerer Wärmewiderstände vorhanden sind als unterhalb.

Wenigstens 90 - 95 % des Wärmeflusses soll nach oben abgegeben werden. Der Wärmeleitwiderstand des Fußbodenbelags sollte daher nicht größer sein als $R_{\lambda,B,max} = 0,1 - 0,15 \text{ (m}^2\text{K)/W}$. Um den Wärmestrom nach unten im energetisch akzeptablen Bereich zu belassen, wird eine in der DIN EN 1264-4⁵ festgelegte Mindestdämmung eingebracht.

Maximale und minimale Temperaturen und Leistungen

Um eine hohe Behaglichkeit zu erreichen, sollen bei Fußbodenheizungen bestimmte maximale Oberflächentemperaturen nicht überschritten werden. Dies sind:

- für den Daueraufenthaltsbereich: $\vartheta_{\text{FB,Oberfläche,max}} = 29^\circ\text{C}$ (bzw. $\vartheta_1 + 9 \text{ K}$)
- für stärker beheizte Randzonen: $\vartheta_{\text{FB,Oberfläche,max}} = 35^\circ\text{C}$ (bzw. $\vartheta_1 + 15 \text{ K}$)
- für Bäder: $\vartheta_{\text{FB,Oberfläche,max}} = 33^\circ\text{C}$ (bzw. $\vartheta_1 + 9 \text{ K}$)

Aus diesen Randbedingungen lässt sich sehr schnell ableiten, welche maximalen Leistungen eine Fußbodenheizung bei Auslegung decken kann: in Daueraufenthaltsbereichen bzw. Bädern Leistungen bis zu 100 W/m^2 und in Randzonen bis zu 175 W/m^2 .

Wegen der starken Abhängigkeit der Leistung von der Temperaturdifferenz von Fußbodenebene und Lufttemperatur ergeben sich untere Einsatzgrenzen in hochwärmegeprägten Gebäuden. Die Temperaturdifferenz in einem auf Passivhausniveau gedämmten Gebäuden ($\dot{q}_{\text{FBH}} = 10 \text{ W/m}^2$) beträgt bei Auslegung nur 1,1 K. Hier dürften – vor allem im Teillastfall – die Grenzen der Regelbarkeit bereits überschritten sein.

Verlegearten

Leitungen von Fußbodenheizungen werden vorwiegend mäanderförmig (schlangenförmig) oder bifilar (spiral- bzw. ringförmig) verlegt - Abbildung 25. Auch Mischformen der Verlegung sind üblich. Die Verlegung erfolgt heute auf Trägermatten, Noppenplatten oder im Tackersystem.

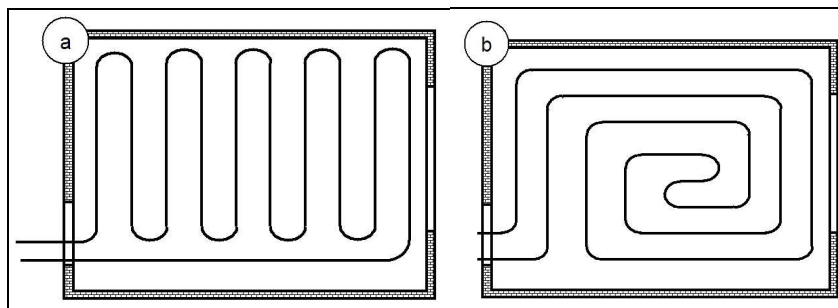


Abbildung 25 Rohrverlegung

(a) schlangenförmig (mäanderförmig)

(b) spiralig (bifilar)

Bei Trockensystemen mit Rohrkanälen in der Dämmung wird die mäanderförmige Verlegung durchgeführt. Bei dieser Verlegeart ergibt sich ein ausgeprägtes Temperaturprofil im Raum. Die Wärmestromdichte nimmt entlang des Raumes ab. Es ist daher sinnvoll mit der ersten Rohrschleife an der Außenwand mit einem Fenster zu beginnen, bei der auch die höchste Wärmeleistung erforderlich ist.

Bei der bifilaren Verlegung liegen die Rohre von Vor- zu Rücklauf immer nebeneinander. Eine über den gesamten Raum gleichmäßige Wärmestromdichte (gleichmäßigen Bodentemperatur) kann erreicht werden.

Eine erhöhte Wärmestromdichte unter Fenstern (Randzone) wird in jedem System durch einen geringeren Rohrabstand erreicht.

Die Rohrleitungen werden zu Verteiler und Sammler auf der gleichen Geschossebene geführt, die möglichst an einer zentralen Stelle (z. B. Diele) angeordnet sind. Die Heizkreisverteiler müssen mit

⁵ DIN EN 1264-4, Ausgabe: 2001-12; Fußboden-Heizung - Systeme und Komponenten - Teil 4: Installation

Armaturen, die sowohl für das manuelle Schließen, das automatische Regeln der Raumtemperatur, als auch die hydraulische Einstellung der Anlage geeignet sind, ausgerüstet sein. Auf eine sorgfältige Wärmedämmung der Heizrohre außerhalb der zu beheizenden Räume ist, v. a. in gut gedämmten Neubauten, zu achten.

Rohre und Rohrführung

Früher wurden überwiegend Rohre aus Stahl oder Kupfer für die Verlegung verwendet, die sich, abgesehen von gelegentlichen Korrosionen, durchaus bewährt haben. Auch Kupferrohre mit PVC-Mantel wurden verwendet (Schutz vor Außenkorrosion, Vermeidung von Spannungen auf die Rohrwandung durch die Einbindung im Estrich).

Heute werden hauptsächlich Kunststoffrohre (dicht gegenüber Sauerstoffdiffusion, nach DIN 4726 geprüft und zertifiziert) verwendet. Bei nicht sauerstoffdichten Rohren ist entweder der Fußbodenheizungsbereich durch einen Wärmeübertrager abzutrennen und korrosionsfrei zu installieren, oder die gesamte Heizungsanlage von der Inbetriebnahme an mit einem Korrosionsschutzinhibitor zu versehen, mit einer jährlichen Kontrolle der Wirksamkeit.

Die gängigen Dimensionen sind Außendurchmesser von 14 bis 25 mm. Als Werkstoffe werden überwiegend eingesetzt: Vernetztes Polyethylen (PE-X) zu etwa 85 %, Polypropylen (PP) zu etwa 6 % und Polybuten (PB) zu etwa 5 %.

Sonderformen der Flächenheizung

Zur Beheizung von Hallen und Fabriken eignen sich Industriebodenheizungen. Sie bieten eine sehr gleichmäßige Wärmeabgabe innerhalb des Aufenthaltsbereiches. Hier sind Auslegungsvorschriften der Hersteller zu beachten, da die Basiskennlinie für Fußbodenheizungen häufig nicht angewendet werden kann.

Da Industriefußböden sehr stark beansprucht werden, sind sie oftmals mit zwei Bewehrungsebenen im vergossenen Zementboden ausgeführt. Es hat sich als praktikabel erwiesen, die Heizrohrleitungen direkt unter der oberen Bewehrungsebene im Zement zu verlegen. So können eine gute Wärmeverteilung sowie eine hohe Heizleistung bei gleichzeitiger hoher Festigkeit, Montagefreundlichkeit und Sicherheit erreicht werden. Die Rohre haben einen definierten Abstand zur Oberfläche, was sich bei Bohrarbeiten im Boden als günstig erweist.

Eine weitere Sonderform der Flächenheizungen sind die Sportbodenheizungen. Sportböden werden sehr elastisch ausgeführt. Die darunter liegenden Heizrohre werden üblicherweise in Systemplatten mit Wärmeleitblechen verlegt. Weil die oberhalb der Rohrebene liegenden Schichten (Elastikschicht, Linoleum, Parkett o.ä.) einen hohen Wärmeleitwiderstand aufweisen, müssen ggf. höhere Temperaturen gefahren werden. Aber es stellt sich eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung auf der Oberfläche ein.

Freiflächenheizungen werden zur Enteisung bzw. Schneeschmelze von Wegen und Zufahrten im Freien eingesetzt. Sie sollen die entsprechenden Oberflächen auf Temperaturen zwischen 0 °C und 3 °C temperieren. Die Auslegung hängt von diversen Faktoren (Windgeschwindigkeit, minimale Außentemperatur, Abstrahlung und Sonneneinstrahlung, Schmelzwärme, Verdunstungswärme, Wärmeabgabe an den Untergrund, Schneefälle) ab. Beispiel siehe Abbildung 26.

Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass für Rampen, Fahr- und Gehwege Auslegeleistungen von 150 ... 300 W/m² zu wählen sind, für Gras- und Sand sportplätze sowie Tribünen 50 bis 150 W/m² ausreichen und für Rasen- und Steinparkplätze im allgemeinen 120 bis 150 W/m² benötigt werden.

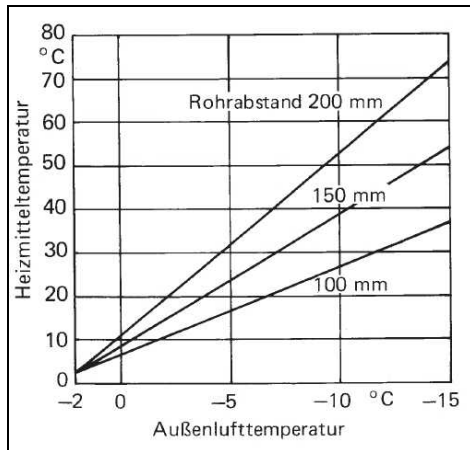


Abbildung 26 Heizmitteltemperaturen zur Aufrechterhaltung einer mittleren Bodenoberflächentemperatur von + 2°C bei Freiflächenheizungen.

10. Wandheizungen

Bei der Wandheizung (Panelheizung) sind die Heizflächen in den Wänden, insbesondere den Außenwänden unter den Fensterbrüstungen, angebracht. Wandheizungen werden nach dem gleichen Prinzip wie Fußbodenheizungen erstellt, nur dass sie in eine Wand integriert oder auf einer Wand installiert werden. Sie können wie bei der Fußbodenheizung als Nass- oder Trockensystem installiert werden. Voraussetzung für die Installation sind vor allen Dingen die vorhandenen Platzverhältnisse. So bieten sich vor allen Dingen die Brüstungsflächen an (Abbildung 27).

Die Flächen hinter der Heizebene müssen sehr gut wärmegeklämt sein, die wärmeabgebende Fläche darf nicht durch Möbel verbaut sein. Vor allem deshalb haben Wandheizungen keine sehr weite Verbreitung gefunden.

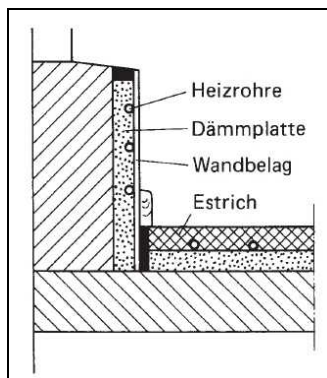


Abbildung 27 Wandheizung in der Fensterbrüstung (kombiniert mit Fußbodenheizung)

Quelle: Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel
 Dr.-Ing. Kati Jagnow, Wernigerode
 Überarbeitung Recknagel/Sprenger/Schramek
 (Ausgabe 2007)