

erdgas



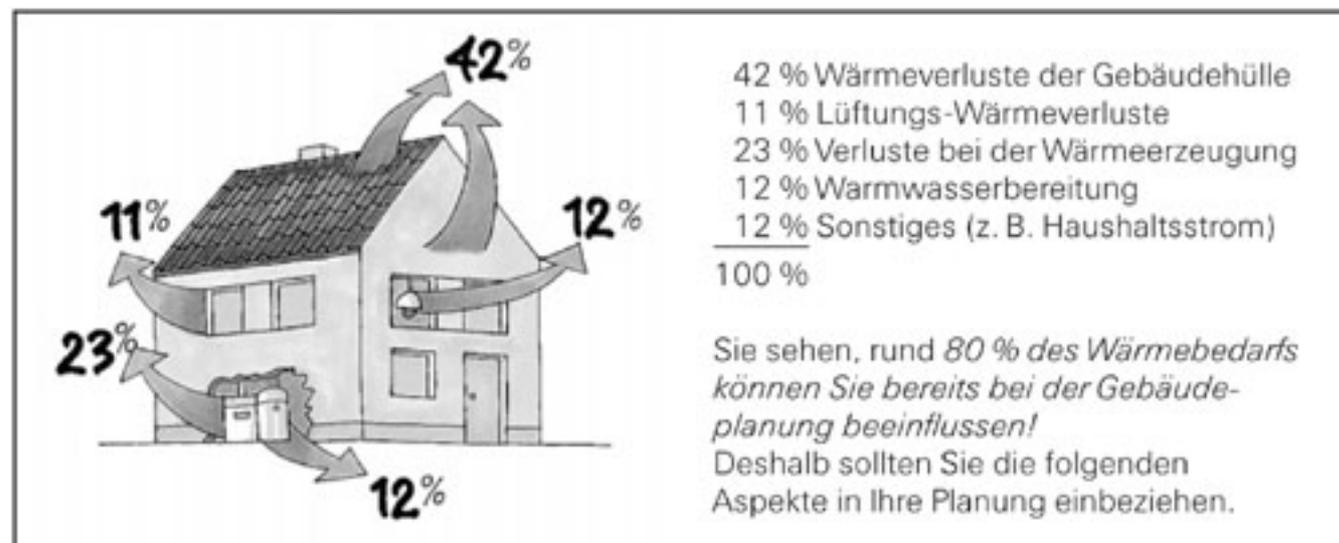
Wärmebedarf

In diesem Kapitel werden die Grundlagen der Warmwasser-Zentralheizungsanlagen im Gewerbe behandelt. Speziell auf die Anlagenkomponenten und Aufstellungsbedingungen wird hier eingegangen. Die Beheizung von Großräumen und Hallen mit Warmluft- und Strahlungsheizsystemen wird in separaten Kapiteln abgehandelt.

Basis zur Ermittlung des Wärmebedarfes von Gebäuden ist die DIN 4701.

Mit ihr wird der Wärmebedarf für die tiefste Normaußentemperatur am Aufstellungsort des Objektes berechnet.

- Der Transmissions-Wärmebedarf ist die Summe der Wärmeströme, die ein Gebäude über Außenwände, Fenster, Türen, Decke und Boden abgibt.
- Der Lüftungs-Wärmebedarf erfasst die Wärmemengen, die zum Aufheizen der Außenluft, die durch natürliche oder mechanische Lüftung in das Gebäude gelangt, benötigt werden.
- Die Summe von Transmissions-Wärmebedarf und Lüftungs-Wärmebedarf ergibt den Norm-Wärmebedarf.



Wärmeverluste eines Gebäudes

Die Energieeinsparverordnung ist am 01. Feb. 2002 in Kraft getreten. Mit der Einführung der EnEv soll der Heizenergiebedarf von Gebäuden um rund 25 bis 30 % verringert werden, bezogen auf das Anforderungsprofil der Wärmeschutzverordnung von 1995. In der EnEv werden erstmals für zu errichtende Gebäude Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz und Anforderungen an die Anlagentechnik in einem Regelwerk, in einem Nachweisverfahren zusammengefasst. Für bestehende Gebäude, Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen oder kleinen Volumina gelten begrenzte Anforderungen. Bei bestehenden Gebäuden werden diese generell nur in Verbindung mit ohnehin vorgesehenen Bau- bzw. Sanierungsmaßnahmen wirksam. In bestehenden Gebäuden sind innerhalb vorgegebener Fristen der Ersatz von Standard-Heizkesseln und die nachträgliche Wärmedämmung von Rohrleitungen, Armaturen sowie der obersten Geschossdecken vorzusehen. Die Nachrüstverpflichtung im Ein- und Zweifamilienhaus tritt jedoch erst im Eigentümerwechsel in Kraft.

Die Energieeinsparverordnung ist in sechs Abschnitte mit fünf Anhängen gegliedert.

Abschnitt 1: Allgemeine Vorschriften

Abschnitt 2: Zu errichtende Gebäude

Abschnitt 3: Bestehende Gebäude und Anlagen

Abschnitt 4: Heizungstechnische Anlagen, Warmwasseranlagen

Abschnitt 5: Gemeinsame Vorschriften, Ordnungswidrigkeiten

Abschnitt 6: Schlussbestimmungen

Anhang 1: Anforderungen an zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen (zu §3)

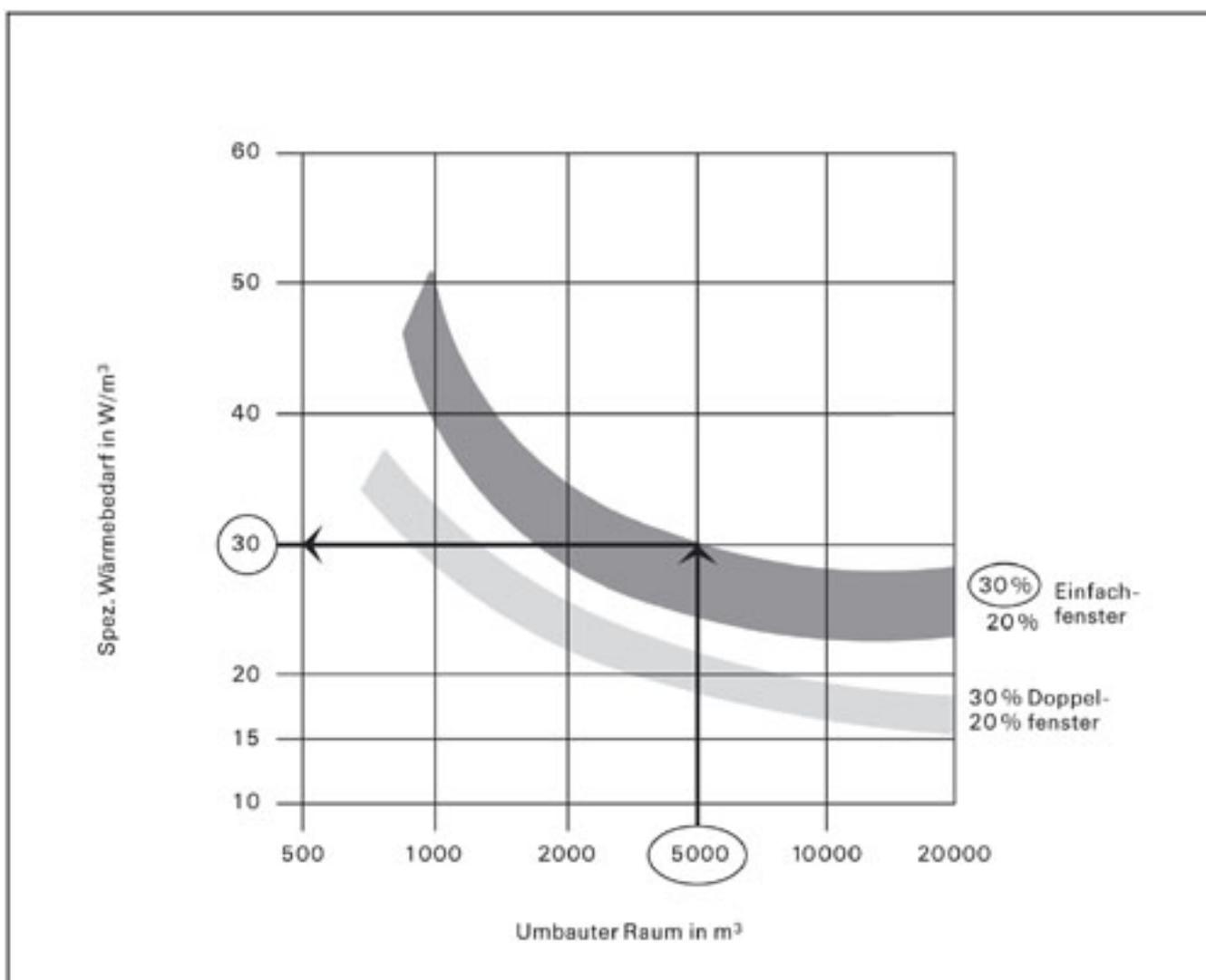
Anhang 2: Anforderungen an zu errichtende Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen (zu §4)

Anhang 3: Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude (zu §8 Abs. 1) und bei Errichtung von Gebäuden mit geringem Volumen (§7)

Anhang 4: Anforderungen an die Dichtheit und den Mindestluftwechsel (zu §5)

Anhang 5: Anforderungen zur Begrenzung der Wärmeabgabe von Weiterverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen (zu §12 Abs. 5)

Eine überschlägige Abschätzung des Wärmebedarfes von Bürogebäuden und Fabrikbauten ist mit dem folgenden Diagramm möglich:



Spezifischer Wärmebedarf pro m^3 umbauten Raum

Beispiel:

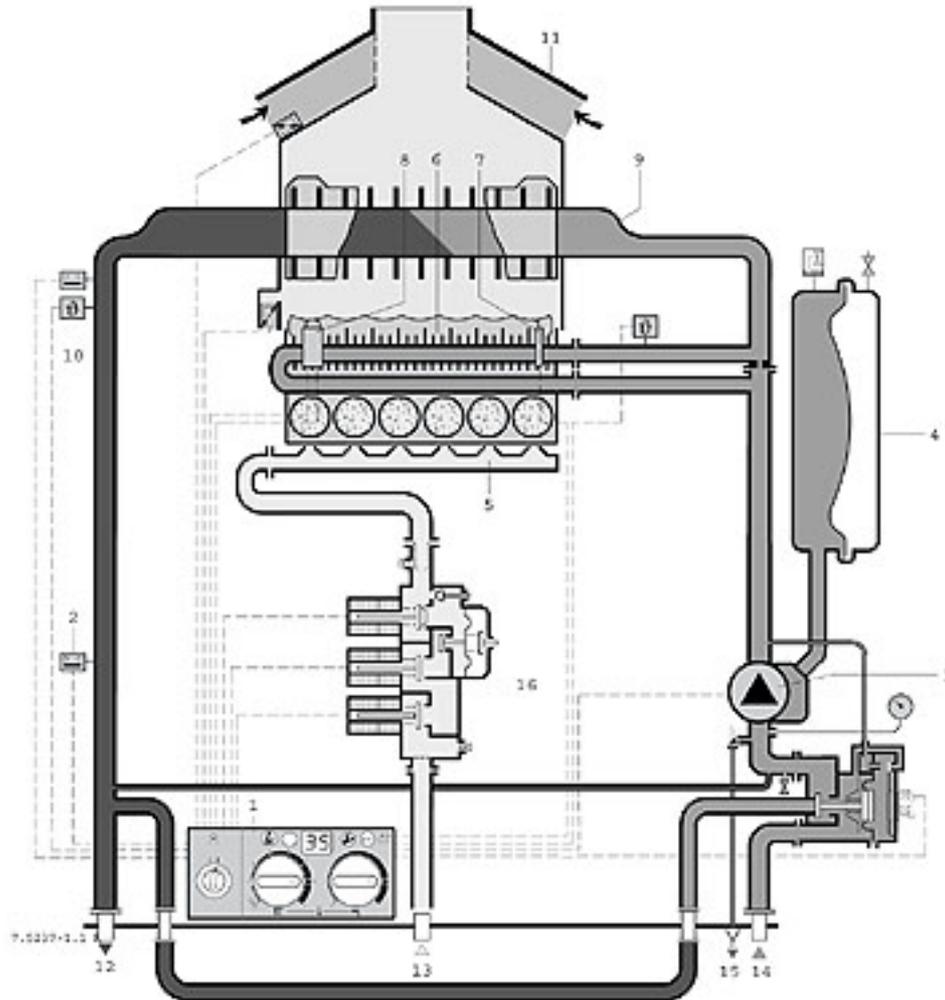
Für ein schlecht isoliertes Bürohaus mit 30% Einfachfensteranteil soll der Wärmebedarf geschätzt werden. Der umbaute Raum soll $5000 m^3$ betragen. Aus dem Diagramm ergibt sich ein spezifischer Wärmebedarf von $30 W/m^3$.

Wärmebedarf = $30 W/m^3 \cdot 5000 m^3 = 150000 \text{ Watt} = 150 \text{ kW}$

Komponenten von Heizungsanlagen

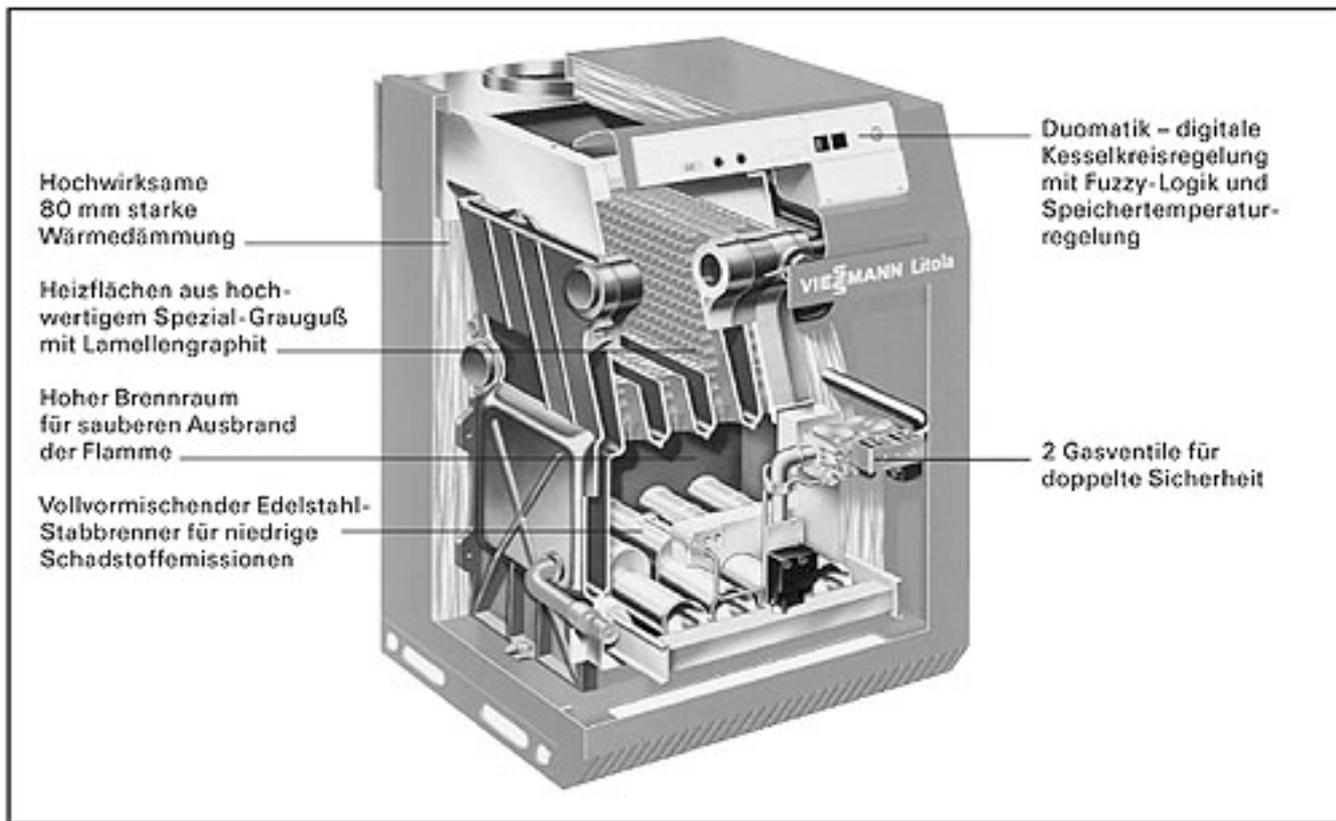
Gas-Spezialheizkessel (Kessel mit atmosphärischem Brenner)

Der Aufbau eines Gas-Spezialheizkessels ist in den beiden folgenden Bildern dargestellt. Der Brenner besteht aus einzelnen Brennerrohren. Durch die Injektorwirkung beim Gaseintritt wird ein Teil der Verbrennungsluft (Primärluft) angesaugt. Auf der Oberseite besitzt das Brennerrohr Öffnungen, aus denen das Gas-Luft-Gemisch austritt und gezündet wird. Die Zweitluft (Sekundärluft) strömt nach der Zündung infolge des thermischen Auftriebs von unten in den Brennraum, und die Flammen geben ihre Wärme im Kessel ab.



- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 Schaltkasten (Heatronic) | 9 Wärmeblock für Heizungswasser |
| 2 Temperaturbegrenzer (Vorlauf) | 10 Temperaturfühler im Vorlauf (NTC) |
| 3 Umwälzpumpe mit Luftabscheider und zwei Drehzahlen | 11 Strömungssicherung |
| 4 Membran-Ausdehnungsgefäß | 12 Heizungsvorlauf |
| 5 Brennerwanne mit Injektordüsen | 13 Gas |
| 6 Brennerdeckel | 14 Heizungsrücklauf |
| 7 Überwachungselektrode | 15 Abfluß |
| 8 Zündelektrode | 16 Gasarmatur CE 426 |

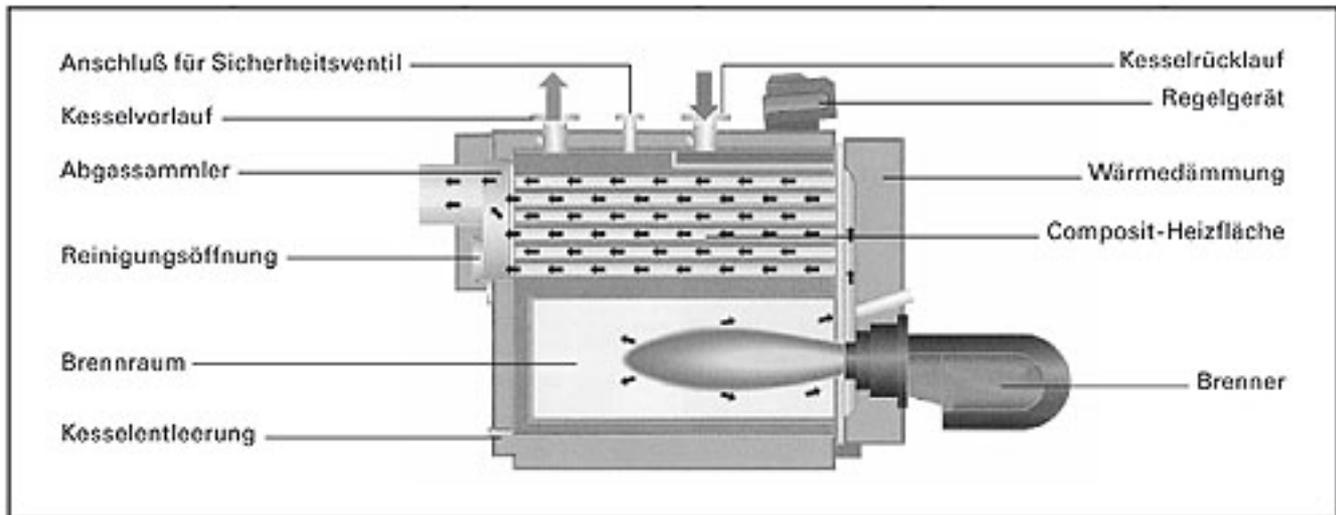
Schema Gas-Heizkessel nach EN 297



Gas-Spezialheizkessel

Heizkessel mit Gas-Gebläsebrenner

Gasfeuerungen mit Gebläsebrennern erfordern Kesselkonstruktionen mit einem geschlossenen Brennraum, da die zur Verbrennung benötigten Luftmengen mechanisch durch das Gebläse zugeführt werden. Deshalb können Gas- und Ölbrenner mit Gebläse an baugleichen Kesselkonstruktionen eingesetzt werden.



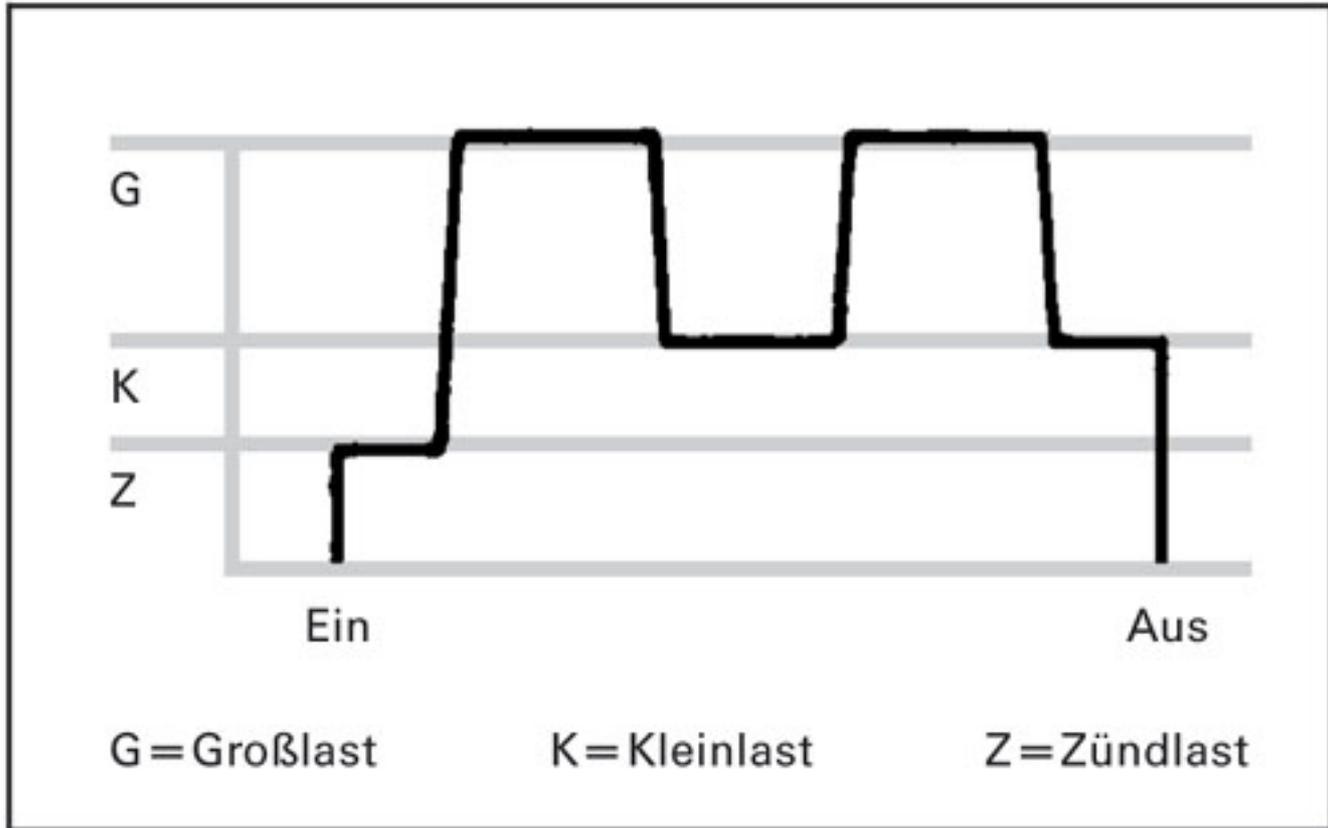
Heizkessel mit Gas-Gebläsebrenner

Gasregelstrecken für Gebläsebrenner

Der Wärmebedarf von Objekten unterliegt wechselnden Einflüssen und erfordert eine ständige Leistungsanpassung der Wärmeerzeugung an den tatsächlichen Bedarf. Die Leistungsregelung von Heizanlagen erfolgt über die Magnetventile der Gasregelstrecken. Neben der Leistungsregelung ist auch Aufgabe der Regelstrecke, die Anlage sicherheitstechnisch abzusichern. Die erforderliche Ausrüstung hierfür ist in DIN 4788 im einzelnen geregelt. Regelgröße für die Leistungsregelung ist z. B. die Vorlauftemperatur bei Wasserkesseln oder der Dampfdruck bei Dampfkesseln. Bei der Leistungsregelung von Brennern unterscheidet man drei grundsätzliche Arten.

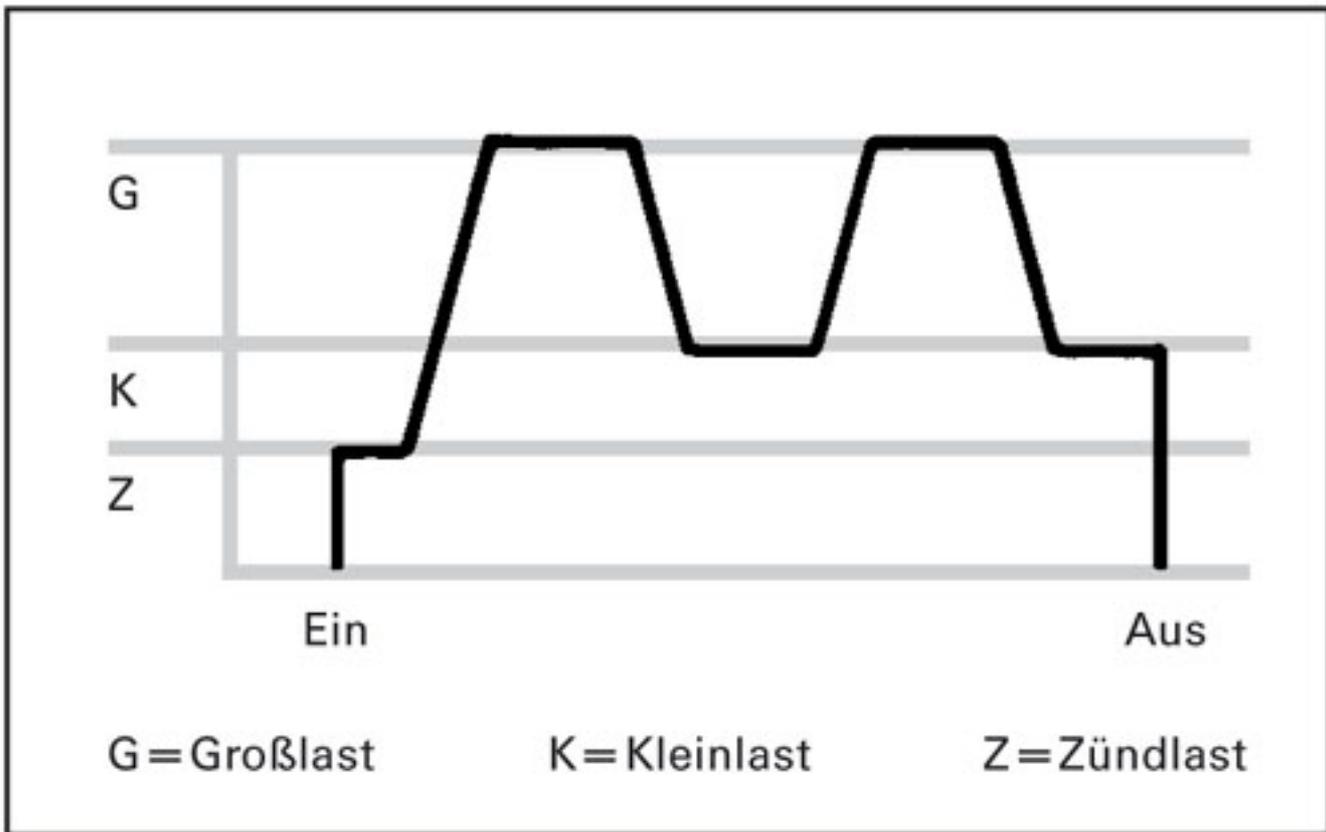
Einstufige Regelung

Bei dieser Regelung wird der Brenner bei Wärmeanforderung mit 100% seiner Nennleistung betrieben. Wird der eingestellte Sollwert erreicht, schaltet der Brenner ab, um dann bei Anforderung wieder anzufahren. Diese Brenner sind am preiswertesten und werden bevorzugt im unteren Leistungsbereich eingesetzt (bis max. 70 kW). Diese Regelung erfordert ein immer wiederkehrendes Anfahren verbunden mit Durchspülen des Kessels mit kalter Luft. Hierdurch wird der Jahresnutzungsgrad abgesenkt. Die Betriebsbereitschaftsverluste sind durch lange Stillstandszeiten groß, und die Abgastemperatur ist im Betrieb immer konstant hoch.



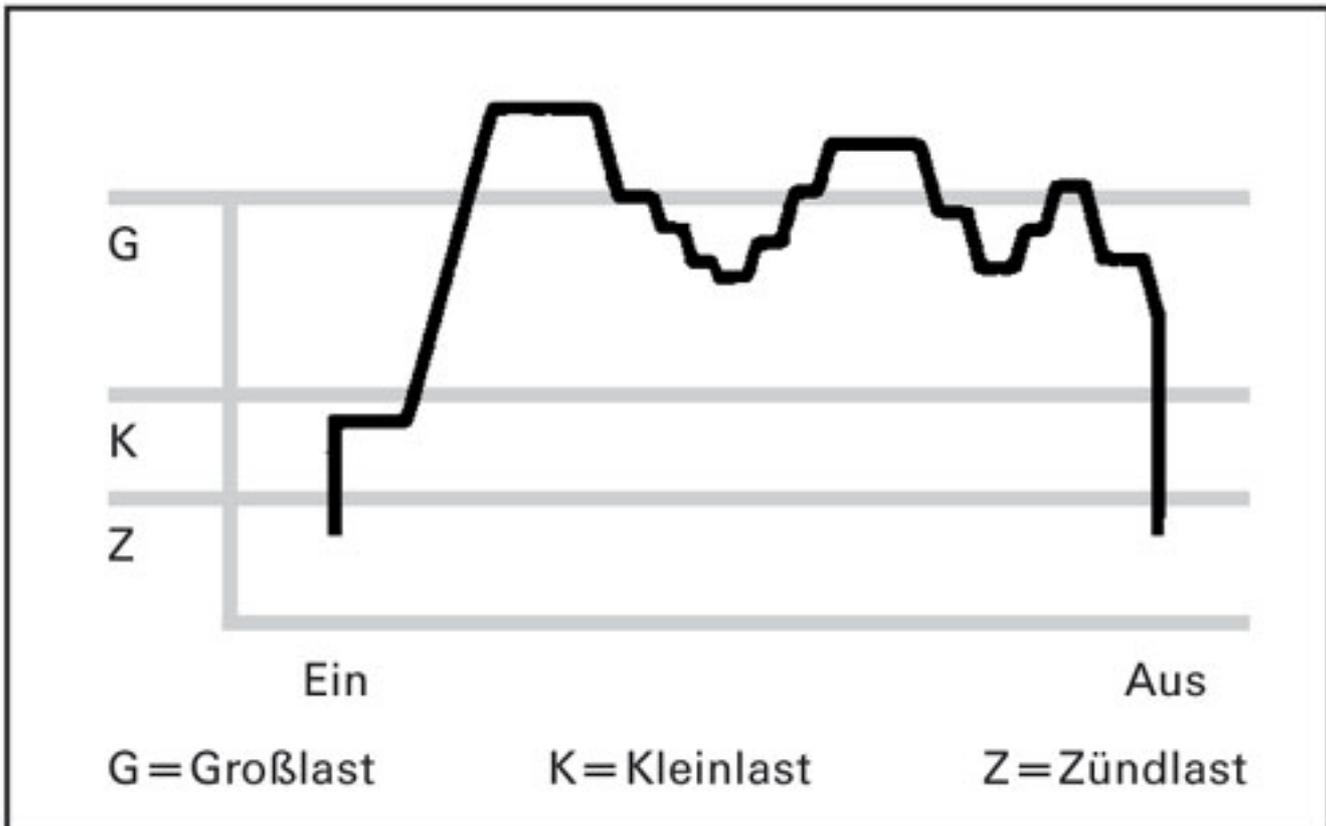
Zweistufige Regelung

Bei dieser Art der Regelung wird die Leistung je nach Bedarf zwischen der Stufe 1 (Teillast ca. 60%) und der Stufe 2 (Volllast 100 %) geregelt. Hierdurch ergeben sich längere Brennerlaufzeiten, was sich positiv auf den Jahresnutzungsgrad auswirkt. Diese Regelung wird im mittleren und oberen Leistungsbereich eingesetzt (ab 70 kW).



Modulierende Regelung

Zwischen Teil- und Volllastbereich regeln diese Brenner jeden Lastpunkt exakt aus. Hierdurch wird eine weitere Verbesserung des Jahresnutzungsgrades durch Steigerung der Brennerlaufzeiten erreicht. Gleichzeitig wird die Abgastemperatur reduziert. Diese Regelung wird im mittleren und oberen Leistungsbereich eingesetzt. Der durch die langen Laufzeiten bedingte höhere Stromverbrauch lässt sich mit einer „Stromsparschaltung“ um bis zu 75% verringern. Besonders vorteilhaft ist diese Betriebsweise bei Brennwertnutzung.



Anlagen mit Leistungen über 70 kW

- sind mit mehrstufigen oder stufenlosen (modulierenden) Brennern auszurüsten,
- oder die Leistung ist auf mehrere Wärmeerzeuger aufzuteilen.

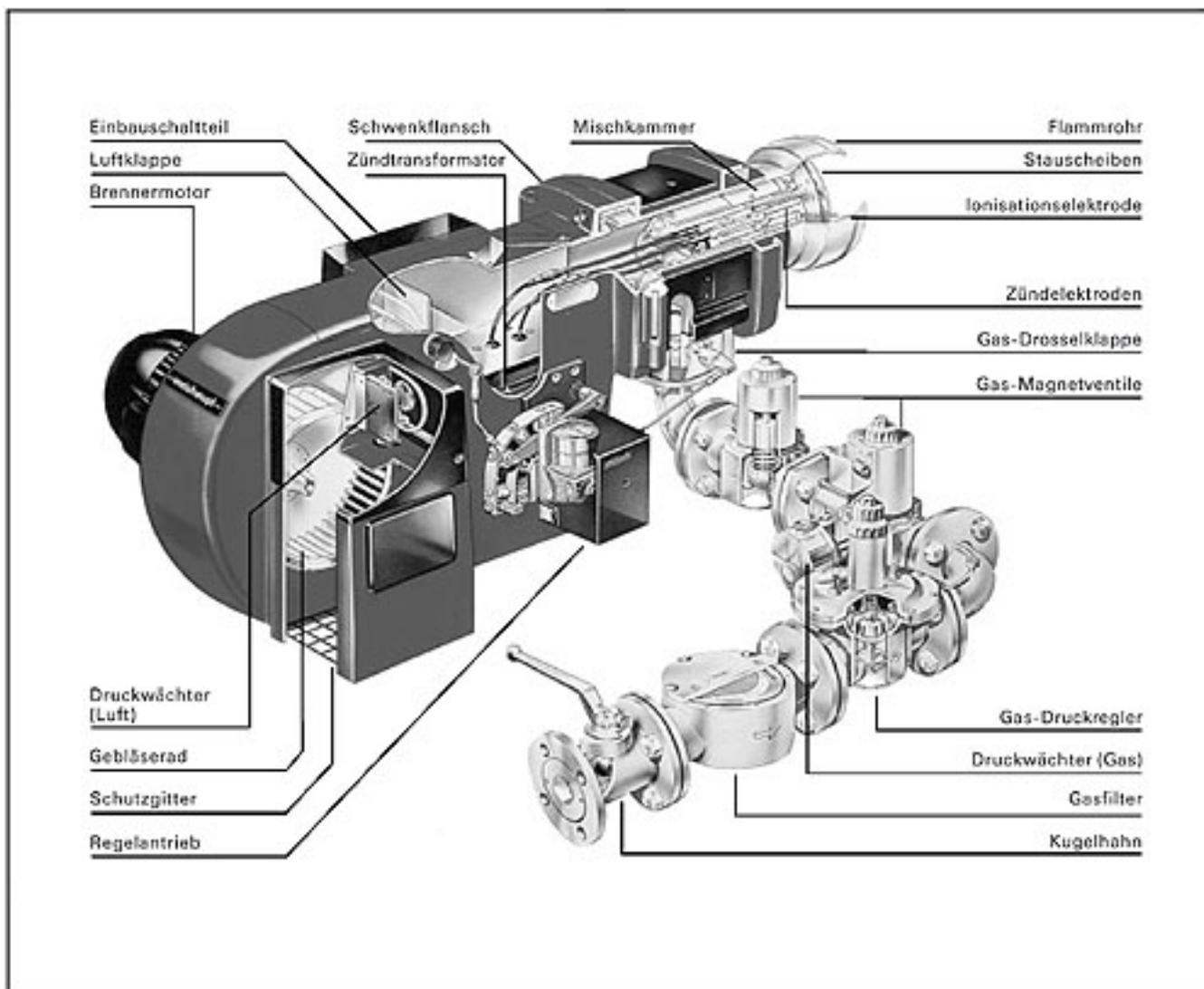
Forderung der DIN 4788

Sicherheitsabsperung

- bis 350 kW ein Absperrventil
- > 350 kW zwei Absperrventile mit automatischer Dichtheitskontrolle

Zündung

- bis 120 kW direkt mit maximaler Leistung
- bis 350 kW direkt möglich mit langsam öffnenden Stellgliedern
- > 350 kW Zündung mit weniger als 50% Nennlast

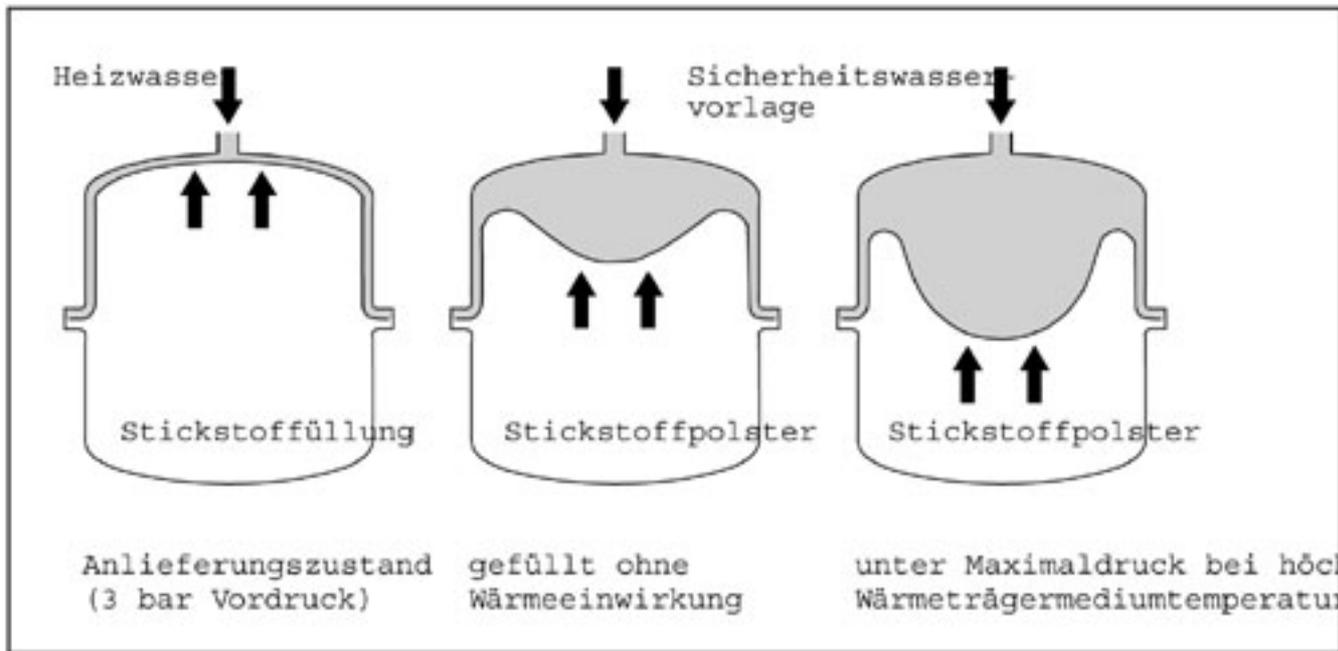


Stufenloser Gas-Gebälsebrenner

Die Armaturen gehören zum Lieferumfang des Brennerherstellers.

Ausdehnungsgefäße

Ausdehnungsgefäße sind Einrichtungen zur Aufnahme der Volumenvergrößerung des Wassers in Heizungsanlagen aufgrund des Temperaturanstiegs. Diese beträgt bei einer Erwärmung vom Füllzustand 10 h C auf 90 h C ca. 3,6 %. In der Praxis wird dieser Wert noch um einen Sicherheitszuschlag erhöht, so dass man bei 90/70 hC-Heizsystemen für die Auslegung der Ausdehnungsgefäße eine Volumenzunahme von ca. 5% zugrunde legt.

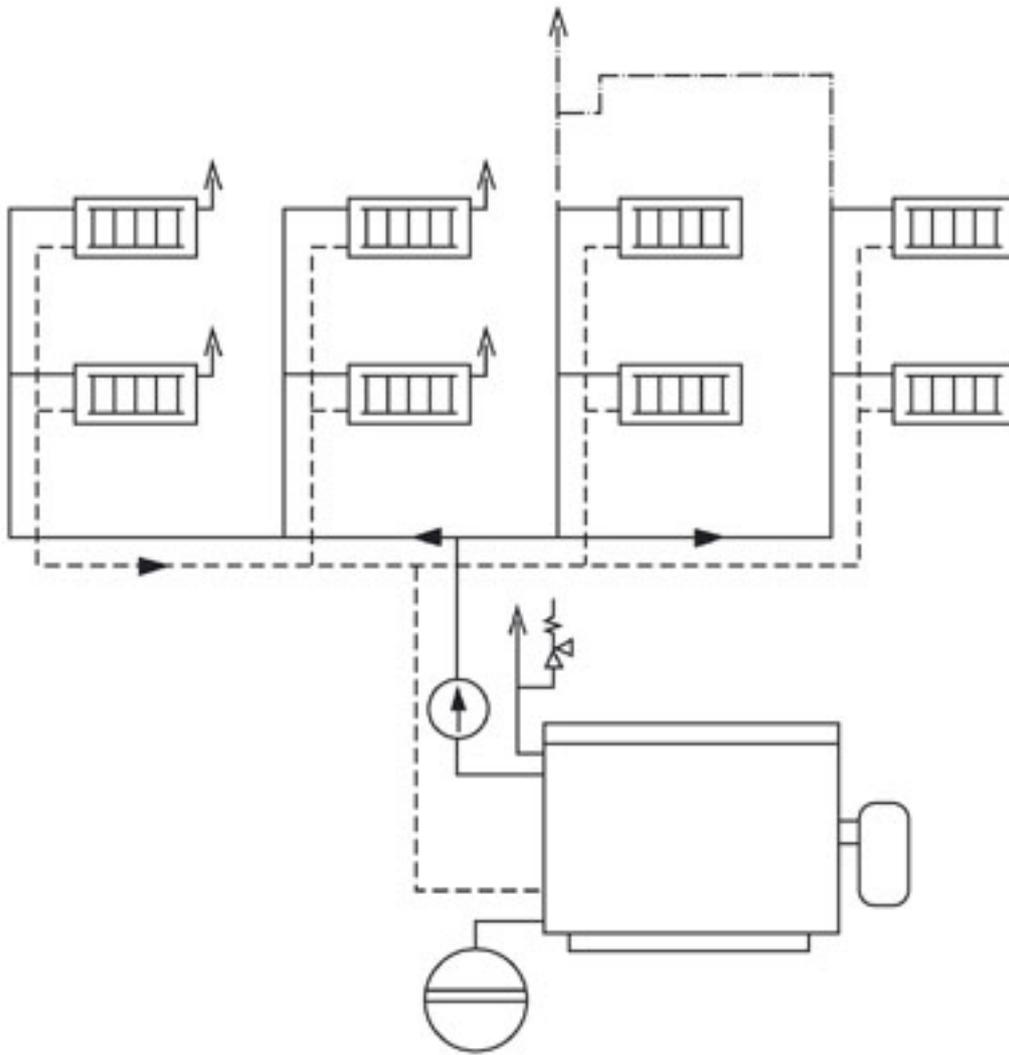


Membran-Druckausdehnungsgefäß (Wirkungsweise)

Bei Anlagensanierungen sollten „hochliegende“ Ausdehnungsgefäße (offene Systeme) gegen Membran-Ausdehnungsgefäße ausgetauscht werden.

Sie bieten folgende Vorteile:

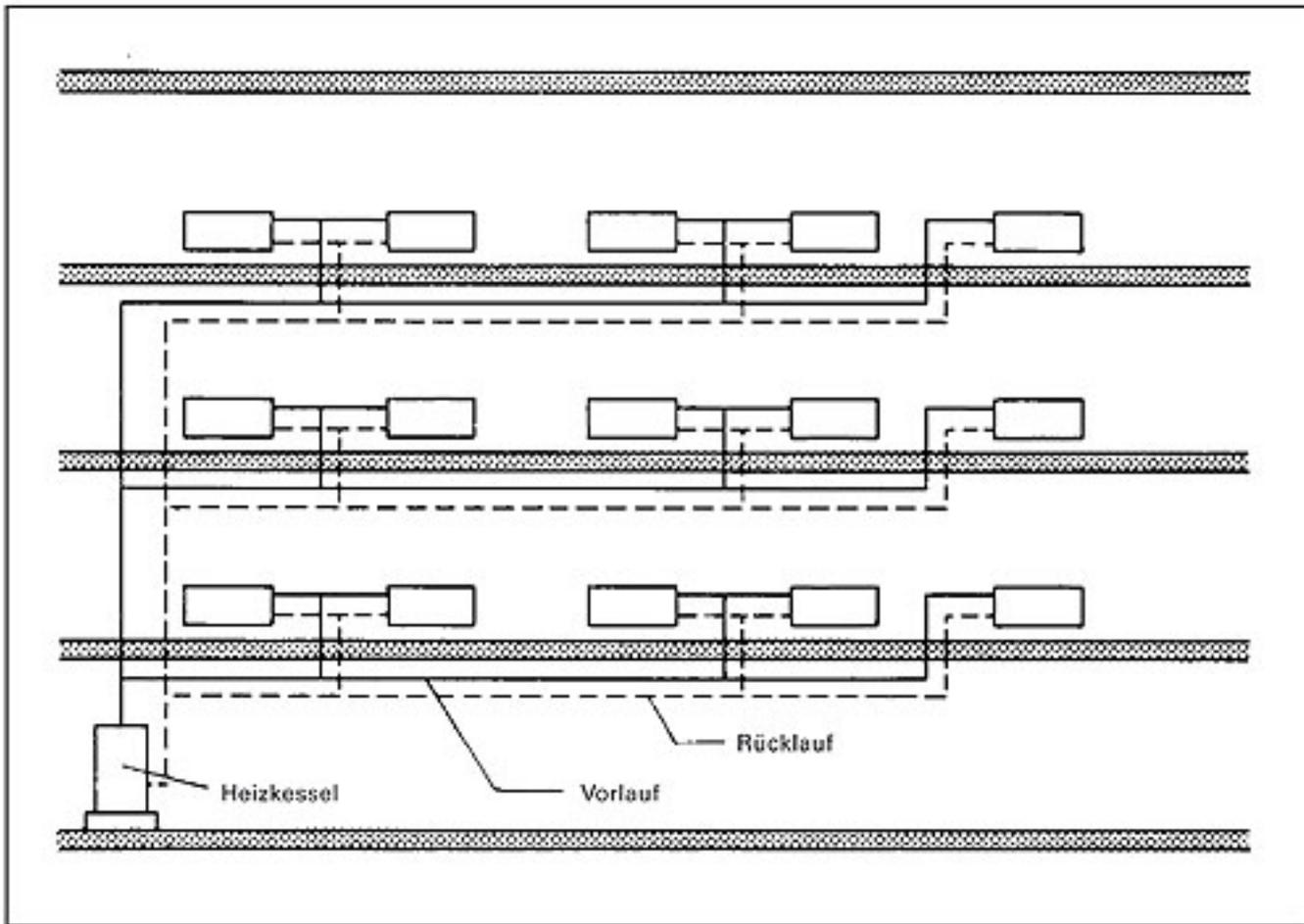
- keine Korrosion durch ständigen Sauerstoffeintrag
- kein Wasserverlust durch Verdunstung im offenen Gefäß
- keine Gefahr des Einfrierens



Geschlossenes Heizsystem mit tiefliegendem Ausdehnungsgefäß

Zweirohr- und Einrohrsystem

Warmwasserheizungen werden überwiegend als Zweirohrsystem, meist mit unterer Verteilung, gebaut. Jeder Heizkörper erhält annähernd die gleiche Vorlauftemperatur.

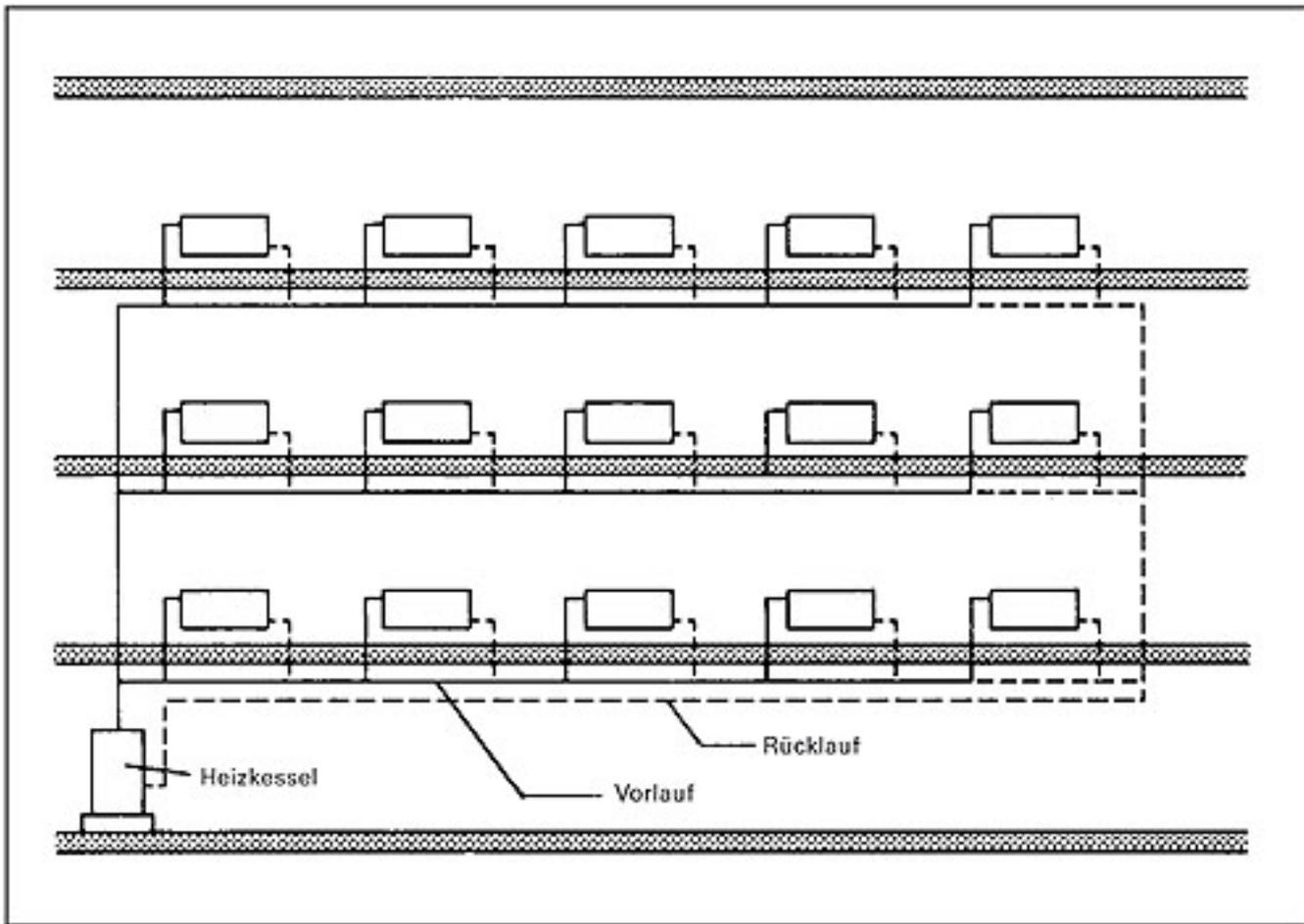


Zweirohrsystem mit horizontaler Verteilung

Alternativ werden zunehmend Heizungen im Einrohrsystem gebaut. Durch den Wegfall der zweiten Leitung sind sie in der Regel kostengünstiger als das Zweirohrsystem.

Der zweite und jeder folgende Heizkörper im Strang erhalten als Vorlauf eine Mischtemperatur vom Hauptvorlauf und vom Rücklauf der vorderen Heizkörper.

Dies ist bei der Auslegung der Heizflächen zu berücksichtigen. Sie müssen für die gleiche Heizleistung größer dimensioniert werden.



Horizontales Einrohrsystem

Heizkörper

Gliederheizkörper (Radiatoren) aus Gusseisen oder Stahl haben sich in der Praxis seit Jahren bewährt, werden aber immer mehr durch die kompakten Plattenheizkörper ersetzt.

Plattenheizkörper werden heute bevorzugt eingesetzt, da sie bei gleichen Abmessungen wie Radiatoren eine höhere Wärmeleistung aufweisen. Sie passen optisch besser in die heutige Gebäudearchitektur, und durch ihre Fertiglackierung muß man sie nur einmal befestigen.

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht der verschiedenen Raumheizkörper.

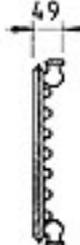
Bauart	Anwendungsbereich	Merkmale und Hinweise
1 Fertig- heizkörper in Platten- ausführung mit Kon- vektions- schächten	Raumheizung in Wohn-, Büro-, Geschäfts- und ähnlichen Gebäuden; Schulen, Turnhallen, Versammlungsräumen; Werk- stätten; Schwimmbädern. Höchstzulässige Überdrücke und Temperaturen: WW, ND-HW 4 (6) bar 110 (140) °C NDD 2 (4) bar 143 (151) °C	Geringe Bautiefe, mehr- reihige Anordnung möglich. Größerer Strahlungsanteil als bei Nr. 3, soweit nicht durch aufgeschweißte Rippen Konvektion erhöht. Bauformen: glatt, horizontal oder vertikal profiliert; mit aufgeschweißten Konvektionsrippen.
2 Stahlrohr- glieder	wie Nr. 1	Heizkörperglied besteht aus zwei gegenüberliegenden Kopfblöcken

2 Stabrohr- glieder- heizkörper (Röhren- radiatoren)	wie Nr. 1	Heizkörperglied besteht aus zwischen spez. Kopfstücken eingeschweißten Präzisions- stahlrohren. Je nach Rohrzahl pro Glied: Zwei- und Mehrsäuler. Bauart ermöglicht große Bauhöhen (bis 3 m und mehr).
3 Glieder- heizkörper (Radiatoren)	wie Nr. 1	Heizkörperblock aus Einzel- gliedern durch Schraubnippel oder Schweißverbindung zusammengefügt. Wärme- abgabe durch Konvektion und Strahlung. Scharfe Kanten (Unfallgefahr z. B. in Kindergärten o. ä.). Werk- stoffe: Gußeisen, Stahl, (Leichtmetalldruckguß). Stahl- HK haben geringere Massen und sind billiger, aber weni- ger korrosionsbeständig als Guß-HK. Bei NDD nur Gußradiatoren verwenden.
4 Konvektoren	wie Nr. 1; bei erhöhten architektonischen Anforderungen; Turn- und Schwimmhallen.	Eigentlicher HK ähnlich einem Rippenrohr; braucht für aus- reichende Leistung Schacht- einbau. Konvektorkörper wegen Einbau nicht sichtbar. Wärme- abgabe überwiegend durch Konvektion. Unterflureinbau möglich.
<p>Werte in () gelten für Sonderausführung</p> <p>HK = Heizkörper ND-HW = Niederdruck-Heißwasser WW = Warmwasser NDD = Niederdruckdampf</p>		

Fertigheizkörper in Plattenausführung

In den folgenden Tabellen sind Leistungsangaben für genormte Radiatoren und Plattenheizkörper aufgeführt.

Leistung*, Inhalt, Gewicht von Fertigheizkörpern je m

Bauhöhe <i>H</i> in mm		Bautiefe <i>T</i> in mm				
		10	11	21	22	33
						
300	W kg l	- - -	- - -	- - -	1329 17,22 3,60	1863 26,50 5,40
400	W kg l	572 8,52 2,24	947 12,68 2,25	- - -	1694 23,00 4,50	2418 35,80 6,75
500	W kg l	696 10,11 2,70	1156 15,81 2,70	1644 24,90 5,40	2051 28,78 5,40	2953 43,55 8,10
600	W kg l	822 12,05 3,15	1355 18,99 3,15	1924 29,70 6,30	2401 34,56 6,30	3467 52,30 9,45
900	W kg l	1212 17,87 4,50	1879 28,85 4,50	2735 45,10 9,00	3396 51,90 9,00	4861 80,28 13,50
Strahlungsanteil		ca. 40 %	ca. 25 %	ca. 20 %	ca. 15 %	ca. 10 %
* Anlage 90/70 °C, Raumtemperatur 20 °C. Umrechnungen bei anderen Temperaturen siehe Tabelle „Korrekturfaktoren“.						

Röhrenradiatoren

Röhrenradiatoren, Inhalt, Maße und Leistung je Glied bei $\Delta\theta_m = 60\text{ K}$

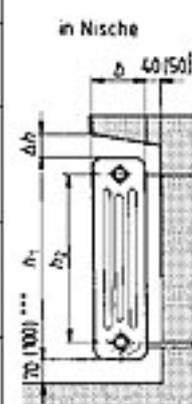
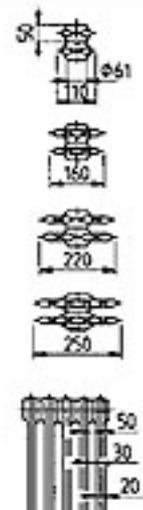
Bauhöhe H in mm	Bautiefe T in mm														
	64			101			139			177			215		
	zwei-säulig 			drei-säulig 			vier-säulig 			fünf-säulig 			sechs-säulig 		
	l	kg	W	l	kg	W	l	kg	W	l	kg	W	l	kg	W
190	0,28	0,41	19	0,39	0,58	27	0,56	0,75	35	0,72	0,95	44	0,85	1,13	53
300	0,39	0,56	29	0,57	0,81	41	0,75	1,06	53	0,92	1,28	64	1,10	1,55	76
350	0,43	0,63	34	0,63	0,92	48	0,83	1,20	63	1,02	1,45	74	1,22	1,76	88
400	0,47	0,70	38	0,69	1,02	55	0,91	1,34	70	1,12	1,63	85	1,34	1,98	100
450	0,51	0,78	44	0,75	1,13	62	0,99	1,48	78	1,22	1,82	97	1,46	2,20	113
500	0,55	0,85	49	0,81	1,23	69	1,07	1,62	87	1,32	2,00	107	1,58	2,41	126
550	0,59	0,92	55	0,87	1,34	74	1,25	1,76	95	1,42	2,18	117	1,70	2,63	138
600	0,63	0,99	59	0,93	1,44	81	1,23	1,90	104	1,52	2,36	127	1,82	2,85	151
750	0,75	1,21	74	1,11	1,77	101	1,46	2,33	128	1,82	2,89	157	2,17	3,50	184
900	0,86	1,43	90	1,29	2,08	119	1,70	2,75	150	2,12	3,45	185	2,53	4,16	219
1000	0,95	1,56	98	1,41	2,29	131	1,86	3,03	166	2,32	3,81	204	2,77	4,59	241
1200	1,11	1,86	116	1,65	2,71	156	2,18	3,59	197	2,71	4,53	240			
1500	1,35	2,30	142	2,00	3,36	192	2,66	4,45	242	3,31	5,62	288			
1800	1,59	2,73	167	2,36	3,99	228	3,13	5,29	287	3,91	6,61	343			
2000	1,75	3,02	188	2,60	4,41	254	3,45	5,85	319	4,30	7,43	378			
2500	2,15	3,75	233	3,20	5,46	316	4,25	7,25	395	5,30	9,25	465			
2800	2,39	4,18	261	3,56	6,20	352	4,72	8,09	440	5,89	10,20	516			



Nabenabstand:
 $N = H - 70\text{ mm}$

Hochdruckausführung: $\theta_{max} = 140\text{ °C}$, max. Betriebsdruck 10 bar bei Bautiefe 64, 101, 139 mm, 12 bar bei 177 und 215 mm.

Radiatoren
Maße und Normwärmeleistungen von Stahlradiatoren nach DIN 4703 Teile 1 und 3

Bauhöhe h_1 in mm	Nabenabstand h_2 in mm	Bautiefe b in mm	Gewicht je Glied in g	Inhalt* je Glied in l	Oberfläche je Glied in m ²	Normwärmeleistung q_n in W/Glied**	nach DIN 4703 T 3
300	200	160	1020	0,70	0,105	50	
		250	1520	0,97	0,160	70	
450	350	110	1050	0,68	0,105	55	
		160	1460	0,98	0,155	74	
		220	1990	1,21	0,210	99	
600	500	110	1370	0,88	0,140	73	
		160	1960	1,18	0,205	99	
		220	2680	1,57	0,285	128	
1000	900	110	2320	1,18	0,240	122	
		160	3300	1,72	0,345	157	
		220	4530	2,39	0,480	204	

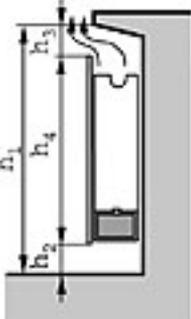
 * Nicht in DIN-Form; ** für $\Delta\theta_m = 60\text{ K}$; *** Klammerwerte: Aufstellung frei vor der Wand.

Schmalsäuler (nicht genormt)	Bauhöhe	Normalabstand	Bautiefe	W/Glied	Fläche	Gewicht	Inhalt	Normal- und Hochdruck- ausführungen
	575	500	75	52	0,108	0,98	0,48	
975	900	75	87	0,183	1,65	0,68		

Konvektoren

Konvektorwärmelösungen 150 mm Bautiefe, Einfluß der Schachthöhe (Auszug)																	
Typ	Tiefe	Länge	Gesamt-länge	h_1	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	Masse	Wasser-inhalt	Heiz-fläche	h_1 Nischenhöhe
cm	dm	mm	mm	h_2	80	100	100	100	100	100	100	100	100	kg	l	m ²	h_2 Lufteintritt
				h_3	80	100	100	100	100	100	100	100	100				h_3 Luftaustritt
				h_4	140	200	300	400	500	600	700	800	900				h_4 Wirksame Schachthöhe
15	105	1000			927	1188	1395	1553	1665	1746	1818	1881	1926	13,1	1,31	4,32	
15	125	1200			1133	1452	1705	1898	2035	2134	2222	2299	2354	15,7	1,43	5,28	
15	145	1400			1339	1716	2015	2243	2405	2522	2626	2717	2782	18,2	1,56	6,24	
15	165	1600			1545	1980	2325	2588	2775	2910	3030	3135	3210	20,8	1,69	7,20	
15	185	1800			1751	2244	2635	2933	3145	3298	3434	3553	3638	23,4	1,81	8,16	
15	205	2000			1957	2508	2945	3278	3515	3686	3838	3971	4066	26,0	1,94	9,12	
15	225	2200			2163	2772	3255	3623	3885	4074	4242	4389	4494	28,6	2,06	10,08	
15	245	2400			2369	3036	3565	3988	4255	4462	4646	4807	4922	31,1	2,19	11,04	
15	265	2600			2575	3300	3875	4313	4625	4850	5050	5225	5350	33,7	2,32	12,00	
15	285	2800			2781	3564	4185	4658	4995	5238	5454	5643	5778	36,3	2,44	12,96	
15	305	3000			2987	3828	4495	5003	5365	5626	5858	6061	6206	38,9	2,57	13,92	

- Weitere Bautiefen 50, 100, 200, 250, 300 mm; • Bauhöhe (bei allen Bautiefen) = 70 mm;
- bei 2lagiger Anordnung 160 mm; • lieferbare Baulängen von 0,5 bis 5,6 m; • Prüfdruck 20 bar;
- ab 100 mm Bautiefe ein- und wechselseitiger Anschluß;
- Leistungsangaben für Anlage 90 °C/70 °C; $\theta_1 = 20$ °C; • Druckverlust von Konvektoren



Maße in mm

Die Leistungsangaben beziehen sich auf Heizmitteltemperaturen bei:

- $t_v = 90$ °C Vorlauf
- $t_r = 70$ °C Rücklauf
- $t_i = 20$ °C Raum

Zur Energieeinsparung werden heute Heizungssysteme mit niedrigeren Temperaturen eingebaut, die größere Heizflächen benötigen.

Niedertemperaturheizung

- $t_v = 70$ hC Vorlauf
- $t_r = 55$ hC Rücklauf
- $t_i = 20$ hC Raum

Brennwertheizung

- $t_v = 65$ hC Vorlauf
- $t_r = 45$ hC Rücklauf
- $t_i = 20$ hC Raum

Korrekturfaktoren für die Umrechnung der Normwärmeleistung \dot{Q}_N (Heizflächenvergrößerung)											
Vorlauf-temp. $\dot{\theta}_V$ (°C)	Luft-temp. $\dot{\theta}_L$ (°C)	Rücklauftemperatur $\dot{\theta}_R$ in °C									
		35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
95	20	1,83	1,59	1,41	1,28	1,18	1,09	1,02	0,95	0,90	0,86
90	20	1,94	1,68	1,49	1,35	1,24	1,14	1,07	1,00	0,95	0,90
85	20	2,06	1,78	1,58	1,42	1,30	1,21	1,12	1,06	1,00	0,95
80	20	2,20	1,89	1,67	1,51	1,38	1,27	1,19	1,12	1,06	-
75	20	2,35	2,02	1,79	1,61	1,47	1,35	1,27	1,19	-	-
70	20	2,53	2,17	1,91	1,72	1,57	1,45	1,35	-	-	-
65	20	2,75	2,35	2,07	1,85	1,69	1,57	-	-	-	-
60	20	3,01	2,56	2,24	2,02	1,84	-	-	-	-	-
55	20	3,32	2,82	2,46	2,22	-	-	-	-	-	-
50	20	3,72	3,14	2,76	-	-	-	-	-	-	-
45	20	4,24	3,58	-	-	-	-	-	-	-	-

$$f = \left(\frac{\Delta \dot{\theta}_N}{\Delta \dot{\theta}} \right)^2$$

$$\dot{Q}_R = \dot{Q}_N \cdot f$$

wenn der Heizkörper aufgrund der Wärmebedarfsberechnung bestimmt werden muß.

$$\dot{Q}_N = \frac{\dot{Q}_R}{f}$$

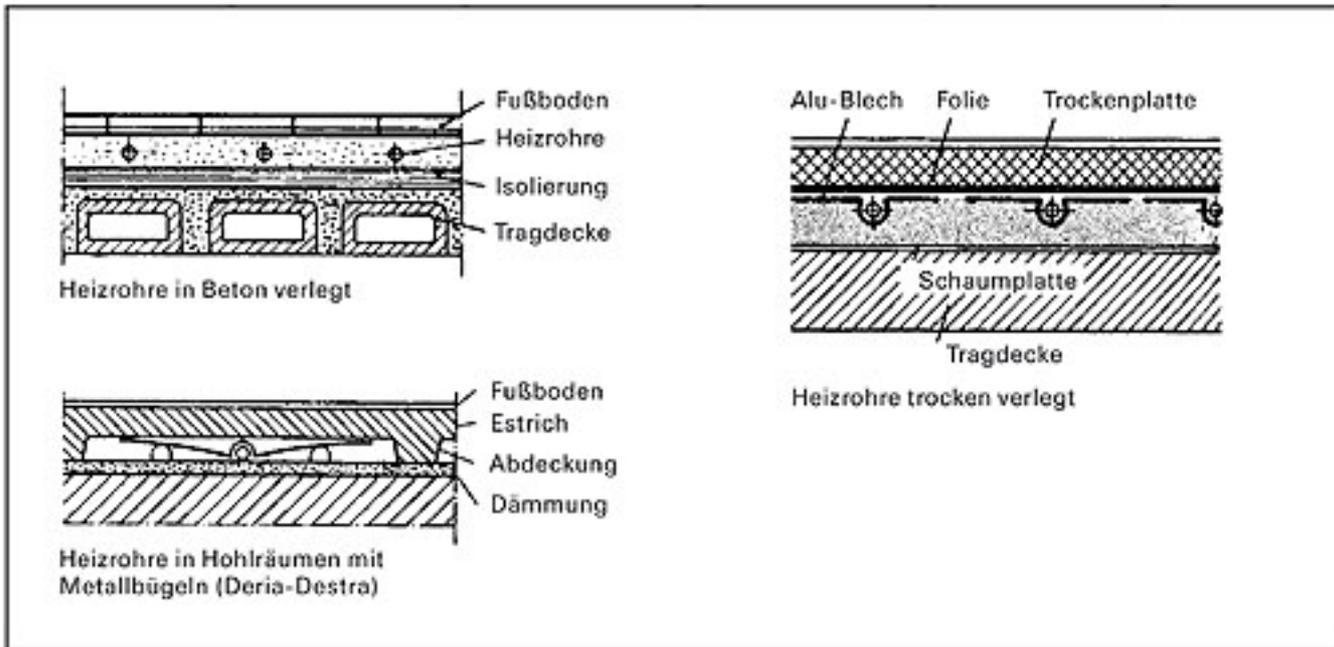
wenn von einem vorgegebenen Heizkörper mit seiner Normwärmeleistung seine tatsächliche Wärmeleistung bei beliebigem $\Delta \dot{\theta}$ ermittelt wird.

Flächenheizung

Bei Flächenheizungen erfolgt die Wärmeübertragung durch beheizte Raumflächen (Fußboden, Decke oder Wand).

Am weitesten verbreitet ist die Fußbodenheizung. Sie benötigt keinen Platz für Raumheizkörper und bietet eine günstige Wärmeverteilung im Raum. Durch den größeren baulichen Aufwand sind die Kosten 20 bis 40% höher als z. B. bei der Radiatorenheizung.

Bei der Nassbauweise werden die Heizrohre über der Wärme- und Trittschalldämmung auf einer Tragkonstruktion (Roste, Matten o. ä.) verlegt und befestigt. Nach der Druckprobe wird der Estrich aufgebracht, der die Rohre voll umschließt.



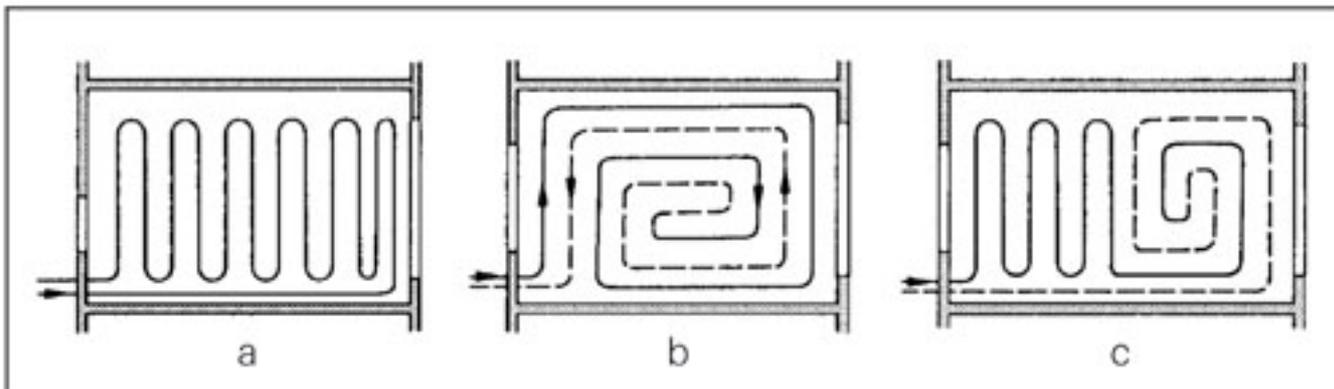
Verschiedene Aufbauarten von Fußbodenheizflächen

Für die Rohrführung gibt es verschiedene Möglichkeiten:

Schlangenförmige (mäanderförmige) Verlegung (a), dabei entstehen gewisse Temperaturunterschiede an der Fußbodenoberfläche. Bei gegenläufiger Anordnung sind Vorlauf und Rücklauf nebeneinander verlegt, wobei die Temperaturverteilung günstiger ist. Randbereiche, z. B. vor den Fenstern, können mit engerem Rohrabstand verlegt werden, um eine höhere Wärmeleistung zu erreichen.

Spiralförmige (bifilare) Verlegung (b). Hier können die Vor- und Rücklaufleitungen entweder parallel zueinander oder als Doppelrohre verlegt werden. In beiden Fällen gleichmäßigere Oberflächentemperatur des Fußbodens.

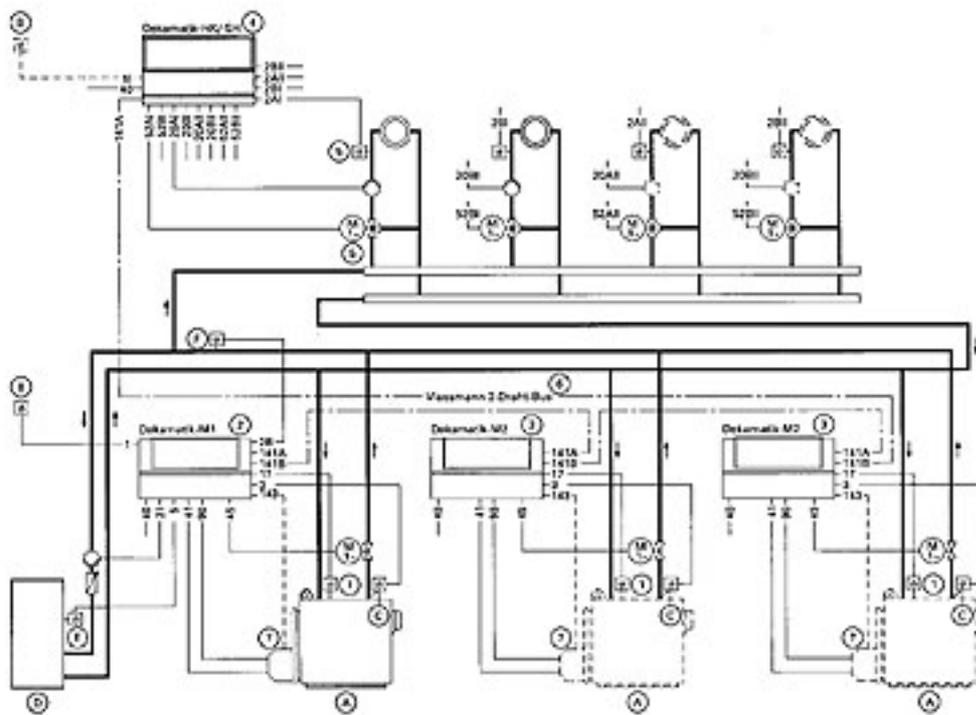
Gemischte Verlegung (c), bestehend aus beiden Arten der Rohrführung, ist natürlich auch möglich.



Rohrverlegungsarten: Schlangenform, Spiralförmig, gemischte Verlegung

Regelung

Das zentrale Regelgerät hat die Aufgabe, abhängig von der Außentemperatur, den verschiedenen Heizungsgruppen die benötigten Vorlauftemperaturen zur Verfügung zu stellen. Hinzu kommen die Kesselfolgeschaltung, Warmwasserbereitung, alle Zeitabläufe der Anlage und die lastabhängige Steuerung der Pumpen und Stellorgane.



- | | | | |
|--|--|---|--|
| 1 Außentempersensor | 6 Speichertempersensor | 41 Brenner (1. Stufe) | A Heizkessel |
| 11 Außentempersensor der Dekamatik-HK (wenn der Außentempersensor der Dekamatik-M1 nicht genutzt werden soll) (bei Dekamatik-5H Zubehör) | 17 Temperatursensoren TSA | 45 Drosselklappen | B Außentempersensor |
| 2 Vorlauftempersensoren – gemeinsamer Kesselvorlauf – der Heizkreise [21A], [21B], [21C], [21D] | 20 Heizkreispumpen der Heizkreise [20 A], [20 B], [20 C], [20 D] | 52 Macher der Heizkreise [52 A], [52 B], [52 C], [52 D] | C Kesseltempersensor |
| 3 Kesseltempersensoren | 21 Umwälzpumpe zur Speicherbeheizung | 90 Brenner (2. Stufe/Modulation) | D Speicher-Wasserewärmer |
| | 40 Netzanschluß der Regelung (AC 230V ~ 50 Hz): Hauptschalter nach Vorschrift einbringen | 141 A Viessmann 2-Draht-BUS | E Speichertempersensor |
| | | 141 B Viessmann 2-Draht-BUS | F Vorlauftempersensor |
| | | 142 Anschlußleitung für Rückführpotentiometer (modulierender Brenner) | G Steckverbinder [20T] der Dekamatik-M1 (Führungskessel) |

Ein- oder Mehrkesselanlage mit Paromat-Triplex, 80 bis 460 kW, Heizkreise mit normalem Wasserinhalt (z. B. im Neubau)

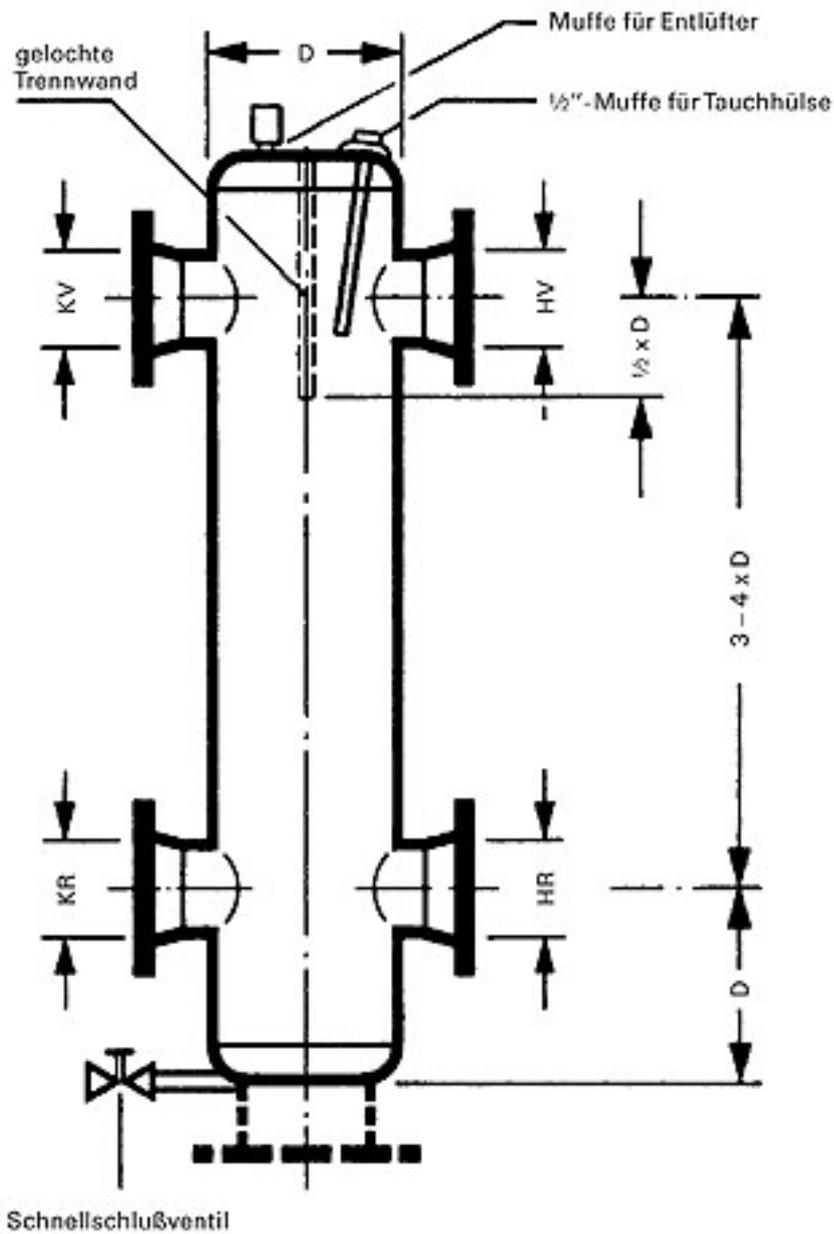
Funktionsbeschreibung

Zur Rücklauftemperaturregelung steuert das Regelgerät die 3-Wege-Stellglieder der Heizkreise und die Kesselkreispumpen im Rücklauf zum Heizkessel an.

Die Heizkessel werden last- und zeitabhängig über eine Kesselfolgeschaltung geregelt. Der (die) in Betrieb befindliche(n) Heizkessel ist (sind) auf die hydraulische Ausgleichsleitung geschaltet – nicht in Betrieb befindliche Heizkessel sind hydraulisch abgesperrt. Die Kesselkreispumpe des in Betrieb befindlichen Heizkessels fördert den berechneten Volumenstrom über den Heizkessel. Die nicht durch den Verbraucher (Heizkreise) abgenommene Wassermenge strömt über die Ausgleichsleitung zum Kesselrücklauf zurück.

Hydraulische Ausgleichsleitung

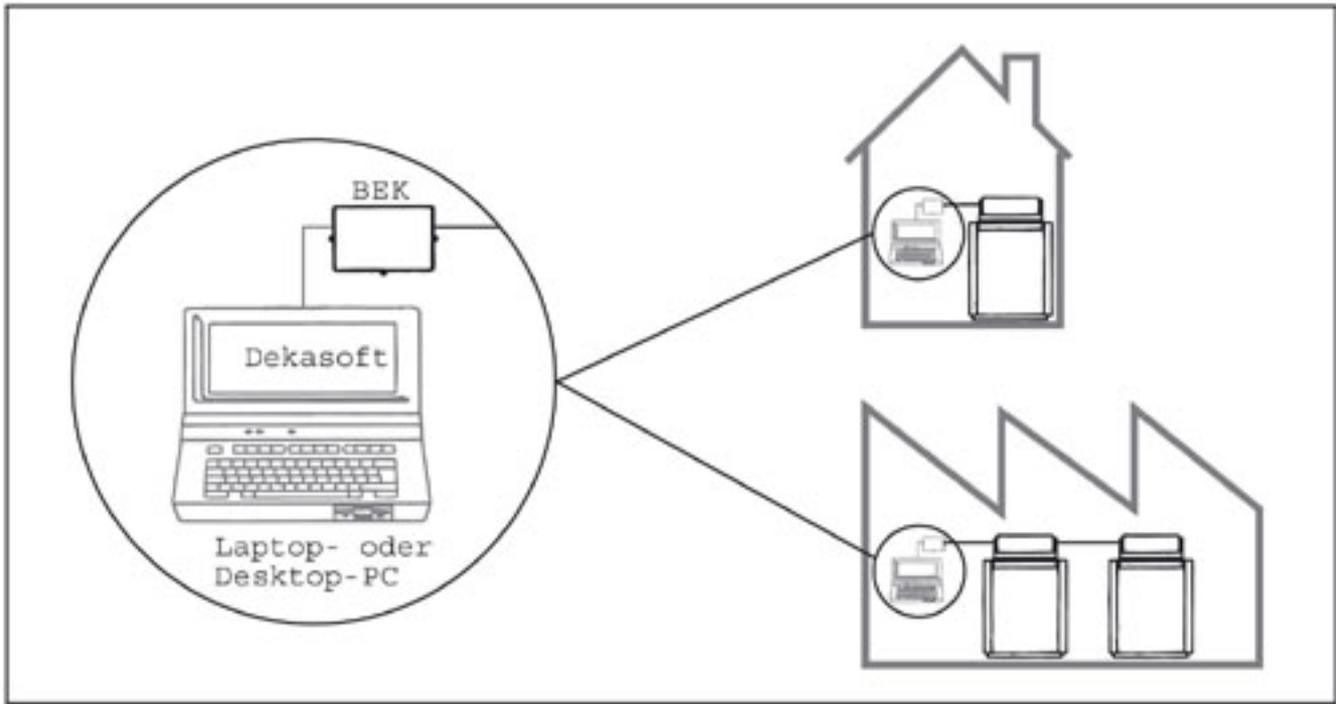
In der Praxis hat sich erwiesen, dass die hydraulische Ausgleichsleitung (hydraulische Weiche bzw. Entkoppler) zwischen Wärmeerzeugerkreisen und Wärmeverbraucherkreisen vorteilhaft ist. Durch den Einsatz der hydraulischen Ausgleichsleitung werden trotz stark variierender Volumenströme auf der Wärmeverbraucher-Seite die Mindest-Volumenströme auf der Wärmeerzeuger-Seite sichergestellt. Dadurch ergeben sich verbesserte Voraussetzungen für das Gesamtverhalten der Anlage im Zusammenwirken von Regelungstechnik und Hydraulik beim Betrieb von Mehrkesselanlagen. Aufgrund der Weiterentwicklung der Kesseltechnik ist die hydraulische Weiche als Komponente für den Kesselschutz immer weniger erforderlich. Sie ist allerdings die ideale Messstelle bei mehrstufigen Kesselanlagen oder in Kombination Kesselanlage-BHKW.



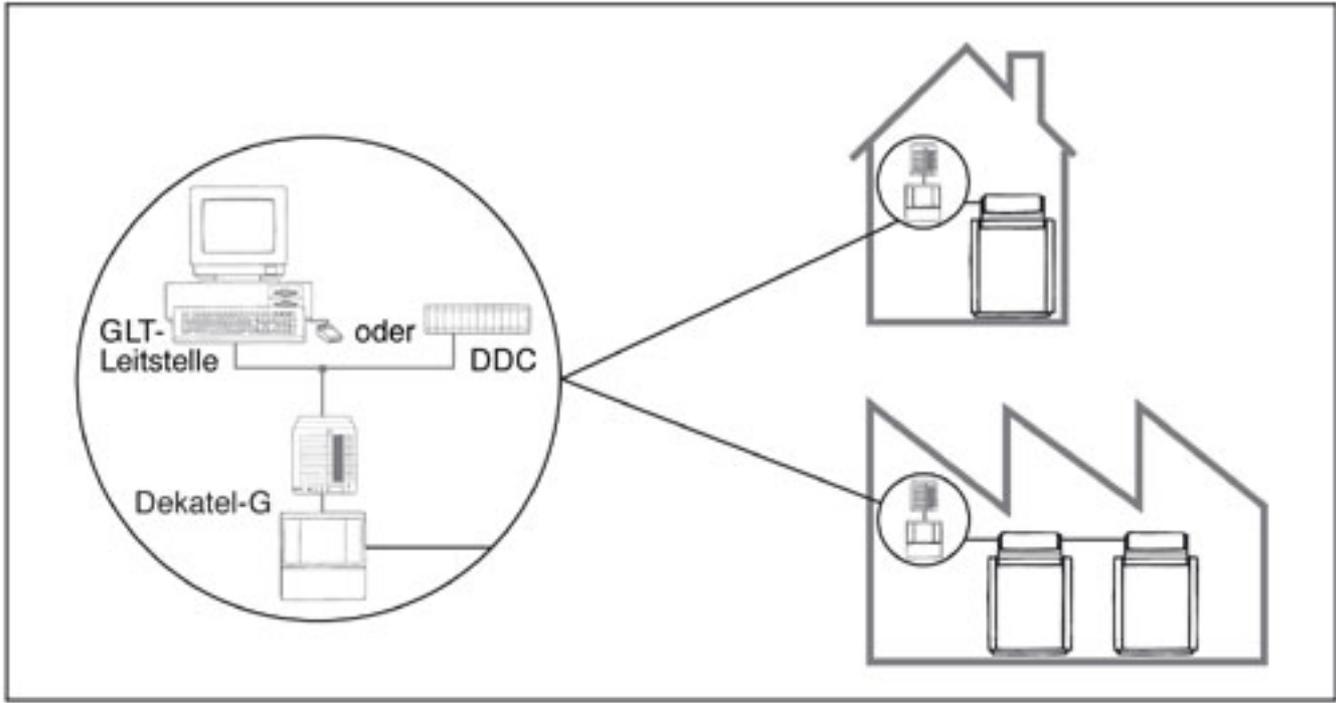
Prinzipskizze hydraulische Ausgleichsleitung

Fernüberwachung

Moderne Regelsysteme sind häufig kommunikationsfähig. Es besteht die Möglichkeit, Störungsmeldungen weiterzuleiten und durch Ferneinstellung auf den Heizungsanlagenbetrieb einzuwirken.



Netzabhängige Überwachung/Bedienung



Netzunabhängige Überwachung/Bedienung (Funk)

Aufstellung von Gasgeräten

Allgemeine Festlegungen

Gasgeräte müssen die europäische Kennzeichnung „CE“ tragen und für Deutschland geeignet sein. Sichergestellt ist das, wenn auf dem Typenschild das Bestimmungsland Deutschland mit der Abkürzung „DE“ erkennbar ist, und die Gaskategorie einem der drei folgenden Beispiele entspricht; die CE-Kennzeichnung kann sich verändern:

Beispiele:

DE I2ELL 3B/P 20; 50 CE 0085AR0123,	für Gasgeräte, die von Erdgas auf Flüssiggas, und umgekehrt, umstellbar sind
DE I2ELL 20 CE 0063AS0123	für Gasgeräte, die nur mit Erdgas betrieben werden
DE I3B/P 50 CE 0051AQ0123	für Gasgeräte, die nur mit Flüssiggas betrieben werden

Die Bedienungs- und Aufstellanleitung muss unter Berücksichtigung der deutschen Aufstellbedingungen in deutscher Sprache vorliegen.

Aufstellräume

Gasgeräte können unter bestimmten Bedingungen in jedem beliebigen Raum aufgestellt werden. Vorschriften sind in der Musterfeuerungsverordnung (MFeuV) bzw. in den Länderfeuerungsverordnungen und in den Technischen Regeln für Gasinstallationen (DVGW-TRGI '86/'96) festgelegt.

Eignung und Bemessung der Räume

- Lage, Größe, bauliche Beschaffenheit und Benutzungsart dürfen zu keinen Gefahren führen.
- Aufstellräume müssen so bemessen sein, dass Gasgeräte ordnungsgemäß betrieben und instandgehalten werden können.
- Einbauanleitungen der Hersteller sind zu beachten.
- Ausreichende Verbrennungsluftversorgung muß gewährleistet sein.
- Mindestabstände der Gasgeräte zu brennbaren Baustoffen und Einbaumöbeln sind den Einbauanleitungen der Hersteller zu entnehmen; sind hierüber keine Angaben gemacht, ist ein Abstand von 40 cm einzuhalten.
- Bei Gas-Brennwertgeräten sind die örtlichen Bestimmungen bezüglich der Kondenswassereinleitung in die öffentliche Kanalisation zu beachten.

Unzulässige Räume

- Treppenträume und allgemein zugängliche Flure, die als Rettungswege dienen,
- innen liegende Räume, die über Sammelschächte ohne Ventilator gelüftet werden (gilt für raumluftabhängige Gasfeuerstätten),
- Räume, aus denen Ventilatoren Luft absaugen (außer ein gefahrloser Betrieb für raumluftabhängige Gasfeuerstätten ist sichergestellt),
- Räume, in denen offene Kamine oder Kaminöfen ohne eigene Verbrennungsluftversorgung aufgestellt sind (außer die Betriebssicherheit der raumluftabhängigen Gasfeuerstätten ist gewährleistet),
- Räume, in denen sich leichtentzündliche oder explosionsfähige Stoffe befinden oder

entstehen können (außer „Garagen-Feuerstätten“).

Aufstellung und Betrieb von Gas-Heizkesseln

Sicheres Betriebsverhalten im Anfahrzustand (Abgasverdünnungsraum)

Bei Gasfeuerstätten mit Strömungssicherung (Art B1) kann bei ungünstigen Schornsteinverhältnissen kurzzeitig Abgas über die Strömungssicherung in den Aufstellraum zurückströmen. Deshalb muss der Aufstellraum groß genug sein, um das Abgas aufzunehmen und soweit zu verdünnen, dass die Abgaskonzentration unbedenklich bleibt.

Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es drei Möglichkeiten:

1. Der Aufstellraum weist unabhängig von der Gesamtnennwärmeleistung der Gasgeräte Art B1 einen Rauminhalt von mindestens 1 m^3 je kW Gesamtnennwärmeleistung auf.
2. Hat der Aufstellraum selbst nicht diese Mindestgröße, kann er mit unmittelbar benachbarten Räumen über jeweils zwei Öffnungen von je mindestens 150 cm^2 verbunden werden, wenn die Gesamtnennwärmeleistung der Gasgeräte Art B11 oder B13 kleiner als 50 kW ist. Die Öffnungen sind vorzugsweise in den Türen, die obere Öffnung möglichst nicht tiefer als 1,80 m, die untere in der Nähe des Fußbodens, anzubringen.
3. Unabhängig von den Grenzen der Gesamtnennwärmeleistung der Gasgeräte Art B1, kann bei kleineren Aufstellräumen als 1 m^3 je 1 kW die Abgasverdünnung über Lüftungsöffnungen mit entsprechend leistungsabhängigen freien Querschnitten erfolgen:

Bis 50 kW Gesamtnennwärmeleistung ist dann eine obere und eine untere Lüftungsöffnung von jeweils 75 cm^2 freien Querschnitt erforderlich, bei mehr als 50 kW ist die hier erforderliche Verbrennungsluftöffnung ins Freie von mindestens 150 cm^2 plus 2 cm^2 für jedes über 50 kW hinausgehende kW auf je eine obere und eine untere gleich große Lüftungsöffnung aufzuteilen.

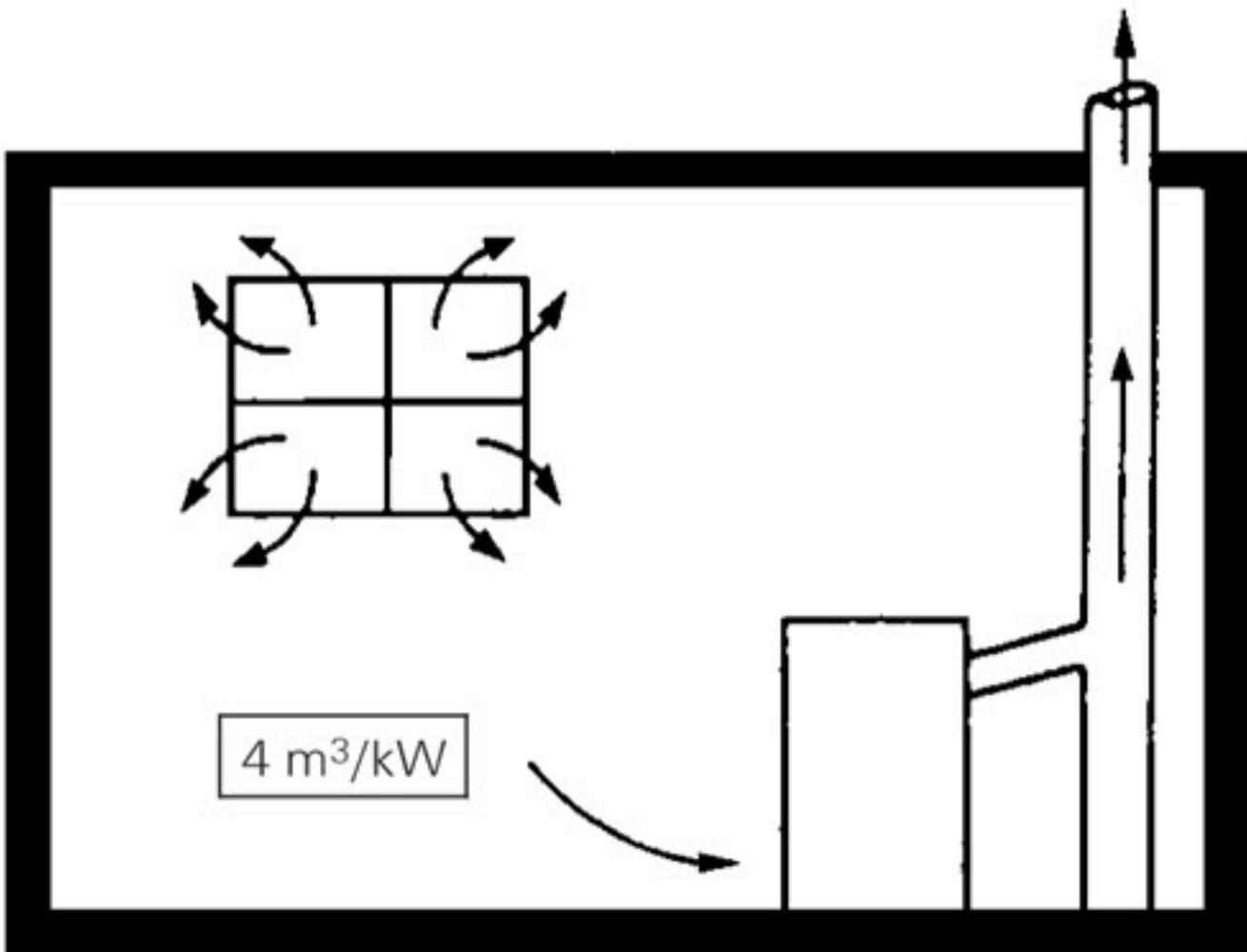
Bei längerem Abgasrückstrom schaltet die Abgasüberwachungseinrichtung („BS“), die bei jeder Gasfeuerstätte mit einer größeren Nennwärmeleistung als 7 kW vorgeschrieben ist, den Gasbrenner automatisch auf Störung. Die Ursache ist zu ergründen, und die Mängel sind umgehend zu beheben.

Bei Gasgeräten der Art B2 und B3, mit verbrennungsluftumspülter oder dichter Abgasführung, braucht der Abgasverdünnungsraum nicht berücksichtigt werden, da diese Gasgeräte über keine Strömungssicherung verfügen.

Sichere Verbrennungsluftversorgung

Gasgeräte der Art B dürfen in Räumen aufgestellt werden, die mindestens eine Tür ins Freie oder ein Fenster, das geöffnet werden kann und einen Rauminhalt von 4 m^3 je 1 kW Gesamtnennwärmeleistung haben.

Dieses Raum-Leistungs-Verhältnis (RLV) dient ausschließlich der Verbrennungsluftversorgung von raumluftabhängigen Feuerstätten der Art B mit einer Gesamtnennwärmeleistung von nicht mehr als 35 kW. Für die Gesamtnennwärmeleistung sind unter Beachtung des gleichzeitigen Betriebes sämtliche raumluftabhängigen Feuerstätten zu berücksichtigen.

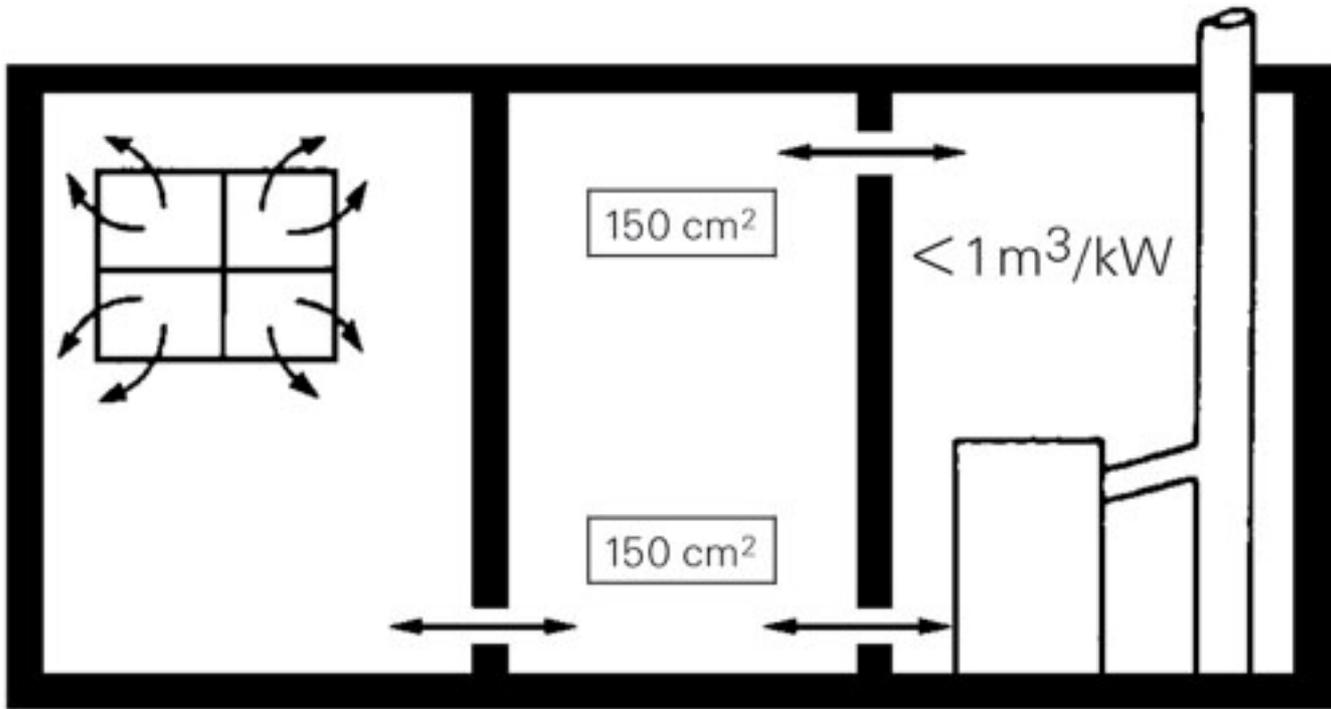


Außenfugen des Aufstellraums

Unmittelbarer und mittelbarer Verbrennungsluftverbund.

Je nach räumlicher Zuordnung des Aufstellraumes zu Nachbarräumen mit Außenfugen (Verbrennungslufträume), also mit Tür ins Freie oder Fenster, unterscheidet man den unmittelbaren (direkten) und den mittelbaren (indirekten) Verbrennungsluftverbund.

Beim unmittelbaren Verbrennungsluftverbund kann dem Aufstellraum über einen oder mehrere direkt angrenzende Verbrennungslufträume die notwendige Verbrennungsluft direkt zuströmen.



Außenfugen im Verbrennungsluftverbund

Beim mittelbaren Verbrennungsluftverbund strömt die Verbrennungsluft aus dem Verbrennungsluftraum über dessen Innentür in einen oder mehrere hintereinander liegende Verbundraum/-räume und von dort über die Aufstellraumtür zum Gasgerät.

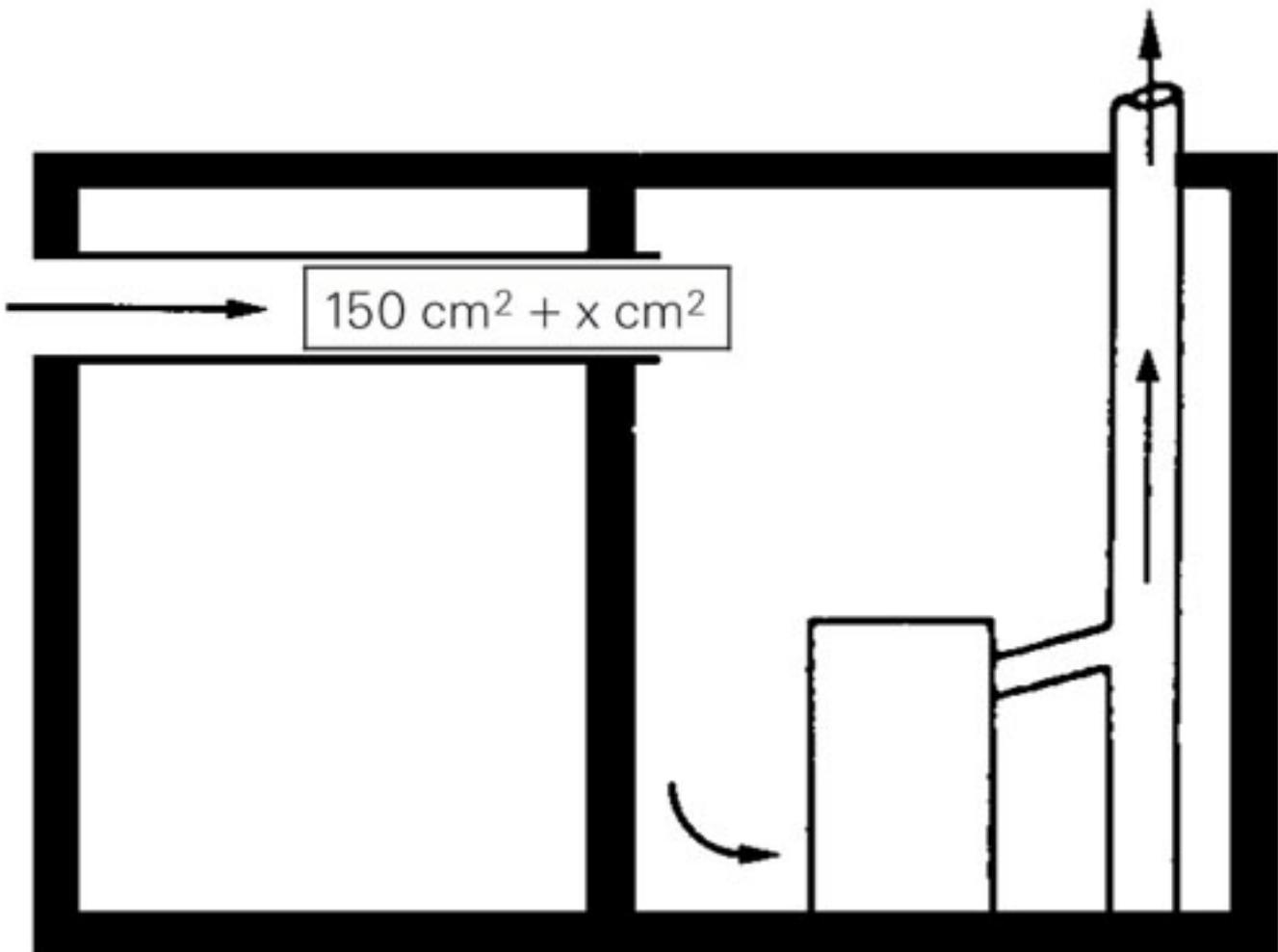
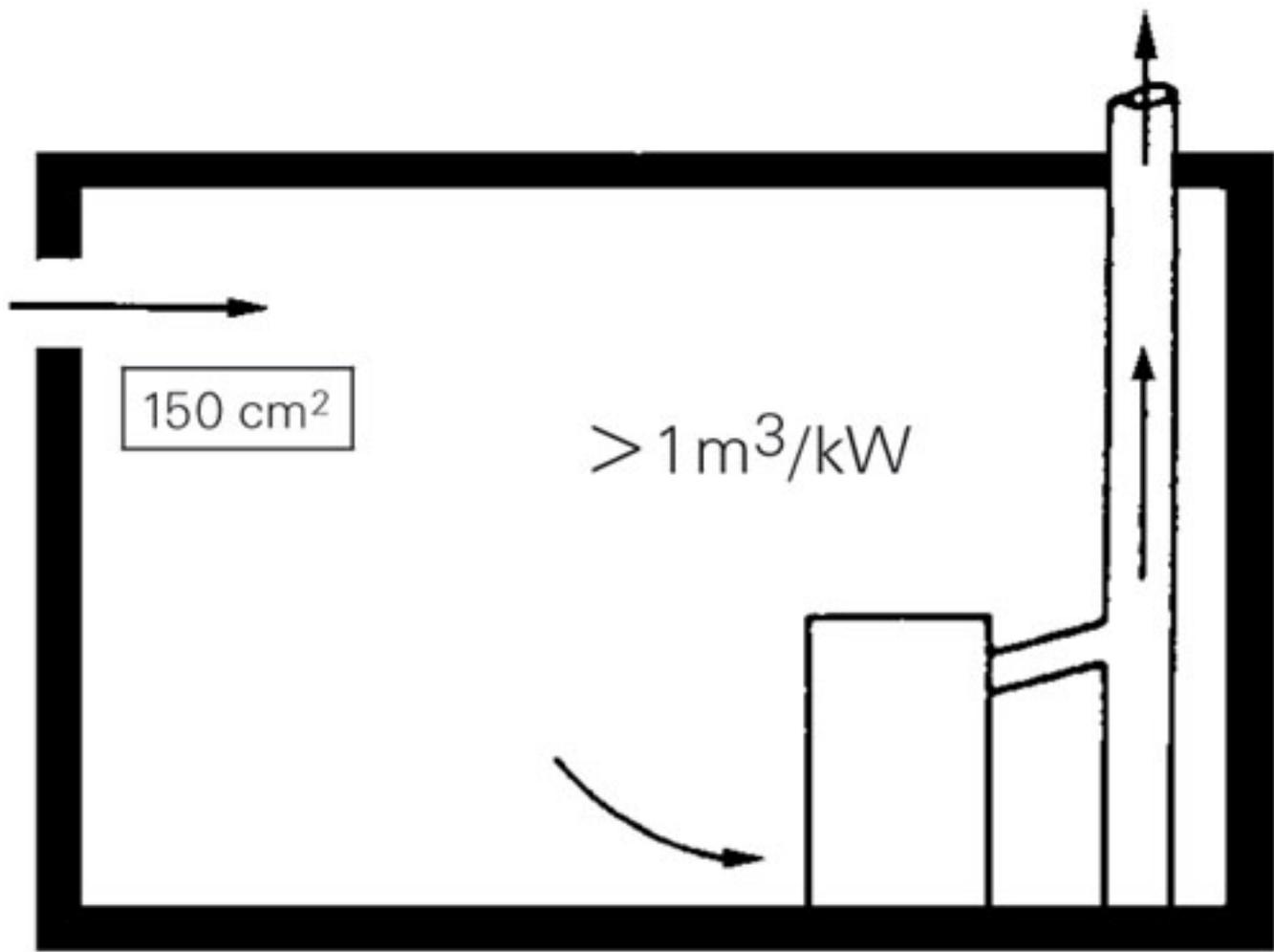
Luftechnische Verbindungen:

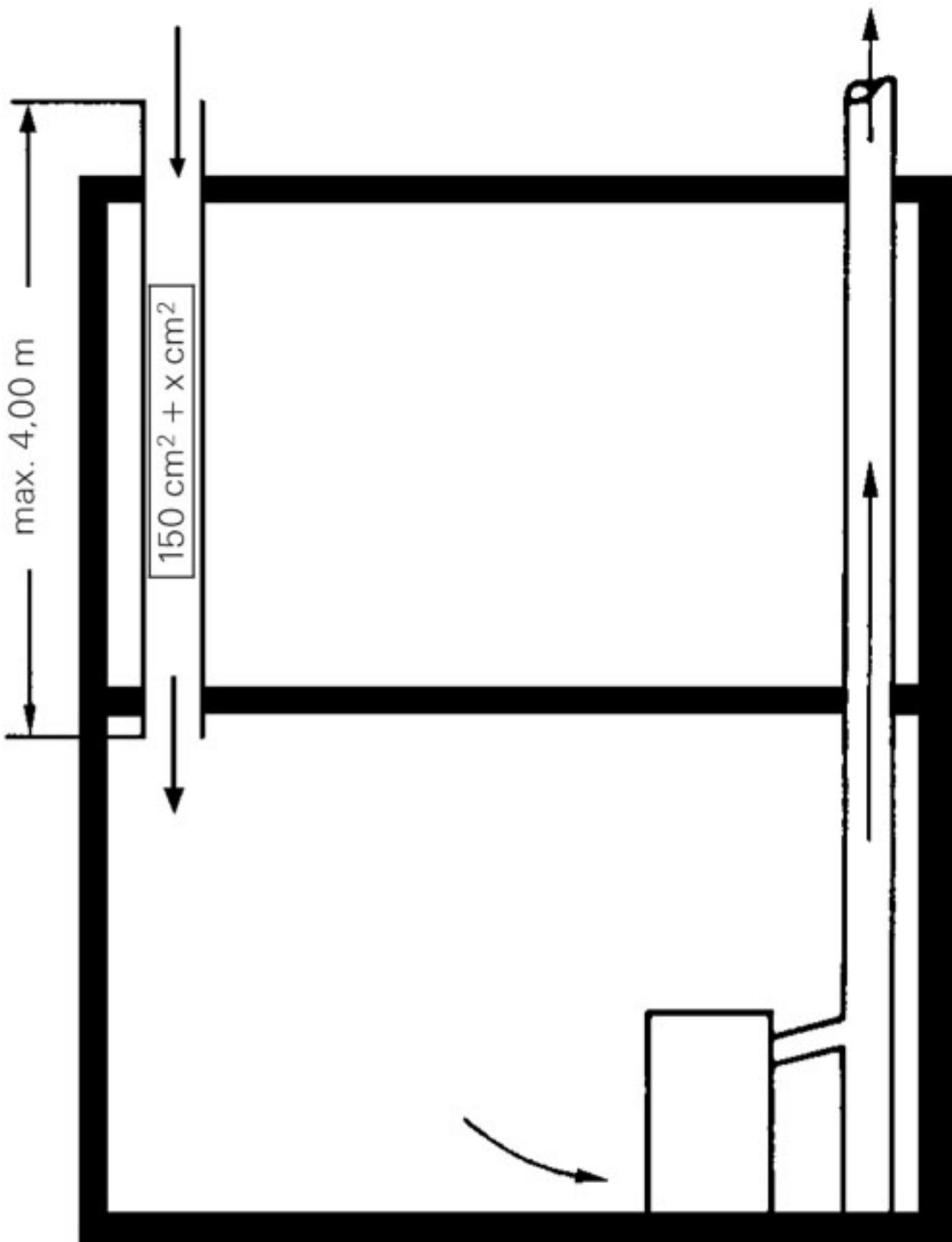
Zwischen dem Aufstellraum und dem Verbundraum ist immer eine Verbrennungsluftöffnung von 150 cm^2 einzubauen, unabhängig vom Rauminhalt dieser Räume.

Ist der Aufstellraum allerdings kleiner als 1 m^3 je 1 kW Gesamtnennwärmeleistung, muss zuerst auch hier der Abgasverdünnungsraum mit $2 \times 150 \text{ cm}^2$ zu direkt benachbarten Räumen geschaffen werden.

Die Verbrennungsluftversorgung kann für Gasgeräte der Art B mit einer Gesamtnennwärmeleistung der raumluftabhängigen Feuerstätten bis 35 kW über Öffnungen ins Freie als Alternative zum Verbrennungsluftverbund erfolgen. – Dies gilt nicht für Aufenthaltsräume.

Bei einer Nennwärmeleistung der raumluftabhängigen Feuerstätten von mehr als 35 kW bis 50 kW muss die Verbrennungsluftversorgung aus dem Freien erfolgen.





In beiden Fällen muss ein freier Querschnitt der Öffnung von 150 cm² eingehalten werden. Dieser kann auf zwei Öffnungen mit je 75 cm² aufgeteilt werden.

Den Öffnungen kann auch, z. B. bei innen liegenden Räumen, eine Verbrennungsluftleitung nachgeschaltet werden, sie kann sowohl innerhalb des Aufstellraumes als auch durch weitere Räume geführt werden.

Die Dimensionierung der Verbrennungsluftleitung erfolgt in Abhängigkeit der geraden Länge nach den Diagrammen 2 und 3 der TRGI.

Bei einer Gesamtnennwärmeleistung aller Feuerstätten von mehr als 50 kW muss die Verbrennungsluftversorgung aus dem Freien erfolgen. Die Öffnung muss einen freien Querschnitt von mindestens 150 cm² haben, für jedes über 50 kW Gesamtnennwärmeleistung hinausgehende kW muss der Querschnitt um 2 cm² vergrößert werden.

Auch dieser Öffnung kann eine Verbrennungsluftleitung nachgeschaltet werden. Für die Dimensionierung ist das Diagramm 4 der TRGI '86/'96 anzuwenden.

Achtung:

Ist bei der Aufstellung von Gasfeuerstätten der Art B1 (mit Strömungssicherung) der Aufstellraum kleiner als 1 m³ je 1 kW Gesamtnennwärmeleistung, so ist der erforderliche Öffnungsquerschnitt auf zwei gleich große Öffnungen, die direkt ins Freie führen, aufzuteilen. Öffnungen zur Abgasverdünnung dürfen keine Luftleitungen nachgeschaltet werden.

Das heißt, der Begriff „Heizraum“ ist damit für diese Feuerstätten künftig hinfällig! Die so genannten Heizraumanforderungen gelten nur noch für Festbrennstoffanlagen über 50 kW.

In der Praxis bedeutet das, dass sämtliche bauordnungsrechtlichen und lüftungstechnischen Anforderungen bei Gasfeuerstätten an diesen Aufstellraum entfallen:

- Verzicht auf die brandschutztechnischen Anforderungen an die Umfassungsflächen, wenn keine Anforderungen an das Gebäude selbst gestellt sind,
- Verzicht auf die Kombination der Zuluft- und Ablufführung aus diesem Aufstellraum, es ist nur noch die entsprechende Verbrennungsluftzufuhr zu beachten,
- Verzicht auf die Feuer hemmende Heizraamtür oder die gegenüberliegende Fluchttür bzw. den Fluchtweg ins Freie bei Nennwärmeleistung über 350 kW,
- Verzicht auf die Vorschriften zur Raumgröße,
- Verzicht auf die außerhalb des „Heizraumes“ liegende, zusätzliche von Hand zu bedienende Absperreinrichtung.

Mit den genannten Erleichterungen geht aber eine wichtige Neuerung Hand in Hand:

Der Einsatz einer „thermisch auslösenden Absperreinrichtung“ in der Geräteanschlussleitung jeder Gasfeuerstätte, wenn der gewerbliche Einsatzort einer häuslichen Aufstellung entspricht.

Gasgeräte der Art B1 dürfen in Räumen mit oder ohne Fenster, unabhängig vom Rauminhalt, aufgestellt werden, wenn die Räume an Zentrallüftungsanlagen mit Ventilator nach DIN 18 017 Teil 3 angeschlossen sind und die Gasgeräte ihr Abgas gemeinsam mit der Abluft abführen.

Korrosion durch Halogenkohlenwasserstoffe

Halogenverbindungen werden in der Industrie, im Gewerbe und auch in Haushaltsprodukten verwendet. Wenn sie in die Ansaugluft von Heizungsanlagen gelangen, kann es zu Korrosionsschäden im Kessel und in den Abgasrohren kommen. In solchen Fällen ist für eine geeignete Zuführung von unbelasteter Verbrennungsluft zu sorgen!

Quellen für chlorierte Kohlenwasserstoffe sind z. B.:

Industrie und Gewerbe

Textilreinigungen	Trichlorethylen, Tetrachlorethylen
Entfettungsbäder	Perchlorethylen, Trichlorethylen, Methylchloroform
Druckereien	Trichlorethylen
Friseurläden	Sprühdosentreibmittel, fluor- und chlorhaltige Kohlenwasserstoffe (Frigen)

Haushalt

Reinigungs- und Entfettungsmittel	Perchlorethylen, Methylchloroform, Trichlorethylen, Methylenchlorid, Tetrachlorkohlenstoff, Salzsäure
-----------------------------------	---

Hobbyräume

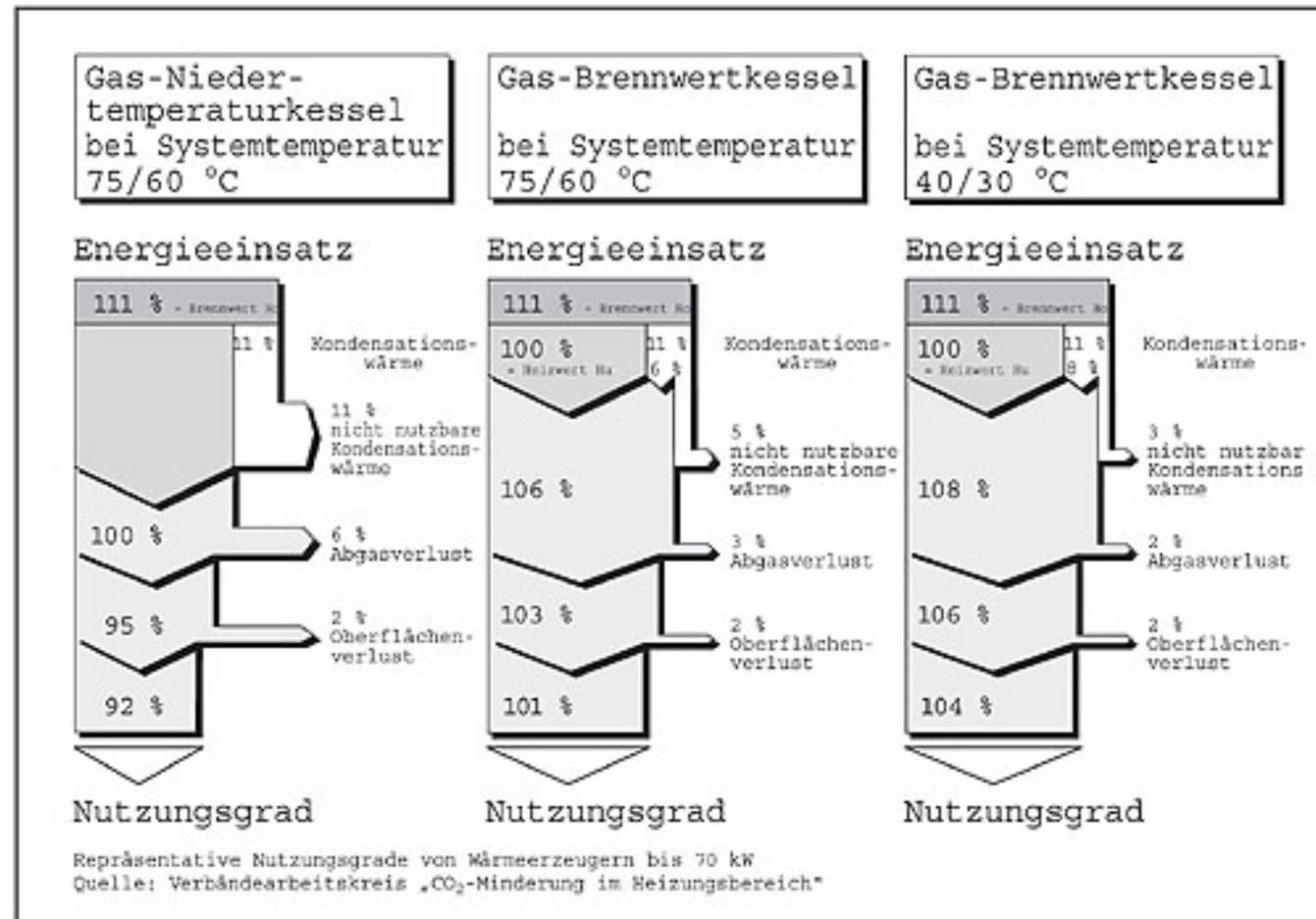
Lösungsmittel und Verdünner	verschiedene chlorierte Kohlenwasserstoffe
Sprühdosen	chlor-fluorierte Kohlenwasserstoffe (Frigene)

Brennwertnutzung

Brennwert und Heizwert

Bei Brennstoffen unterscheidet man zwei Wärmewerte:

den Brennwert H_s (früher: oberer Heizwert) und den Heizwert H_i (früher: unterer Heizwert). Der Brennwert gibt die gesamte Wärmemenge an, die bei der Verbrennung frei wird, also auch die Wärme, die im Wasserdampfanteil der Abgase gebunden ist. Der Heizwert dagegen berücksichtigt nur die Wärme, die ohne Abgaskondensation nutzbar ist. Der Brennwert liegt daher deutlich höher als der Heizwert; bei Erdgas um 11 %.



Nutzungsgradvergleich Brennwertkessel zu Niedertemperaturkessel

Nutzungsgrad und Energieeinsparung

Ein Gas-Brennwertkessel kann theoretisch in jede Heizungsanlage integriert werden. Allerdings hängt der Nutzungsgrad und damit die erzielbare Energieeinsparung ganz wesentlich von der Auslegung des Heizsystems ab.

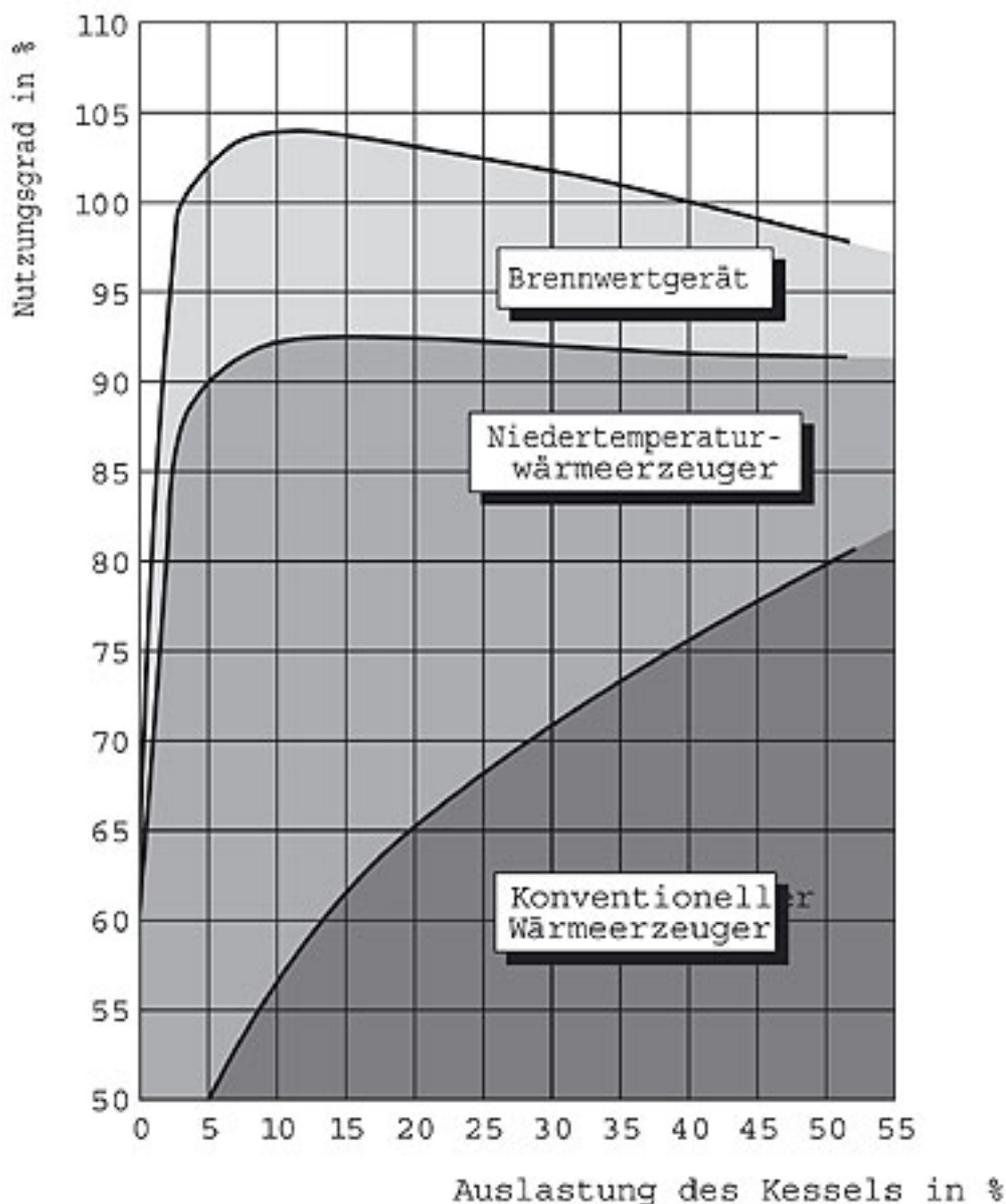
Je niedriger die Rücklauftemperatur, desto mehr Abgaswärme wird genutzt und desto höher ist der Nutzungsgrad. Die günstigsten Ergebnisse erzielen Brennwertkessel daher bei einem Niedertemperatursystem mit gleitender Kesseltemperatur.

Die Brennwertnutzung beginnt erst dann, wenn der Taupunktgrenzbereich bei den Abgasen erreicht ist. Beim Betrieb unterhalb des Taupunkts ergibt sich ein Nutzungsgrad von bis zu 105 %, bezogen auf den Heizwert. Selbst oberhalb dieses Bereiches erzielt der Brennwertkessel noch Nutzungsgrade um 95% und liegt damit günstiger als ein Niedertemperaturkessel.

Durch das Zusammenwirken aller Faktoren, die sich aus der besonderen Betriebsweise ergeben, können Brennwertkessel im Vergleich zum konventionellen Betrieb Energieeinsparungen von 10% bis 30% erreichen. Der Jahresnutzungsgrad eines Brennwertkessels liegt in Verbindung mit einem Niedertemperaturheizsystem um 10 – 15 Prozentpunkte höher als der eines modernen herkömmlichen Gas-Heizkessels.

Sofern keine genaueren Werte vorliegen, lassen sich für die Jahresnutzungsgrade folgende Bereiche annehmen:

alter Kessel:	55 – 70 %
neuer konventioneller Kessel:	88 – 95 %
Brennwertkessel:	100 – 109 %



Nutzungsgrade in Abhängigkeit zur Außentemperatur bzw. zum Auslastungsgrad

Unterschiede zur herkömmlichen Heizungstechnik

Die Brennwerttechnik stellt besondere Anforderungen an die Abgasabführung. Die Abgase werden so stark

abgekühlt, dass ihr natürlicher Auftrieb meist nicht mehr ausreicht. Für ihre sichere Abführung werden daher Verbrennungsluftgebläse bzw. Abgasventilatoren eingesetzt, die Bestandteil des Brennwertkessels bzw. des Brenners sind.

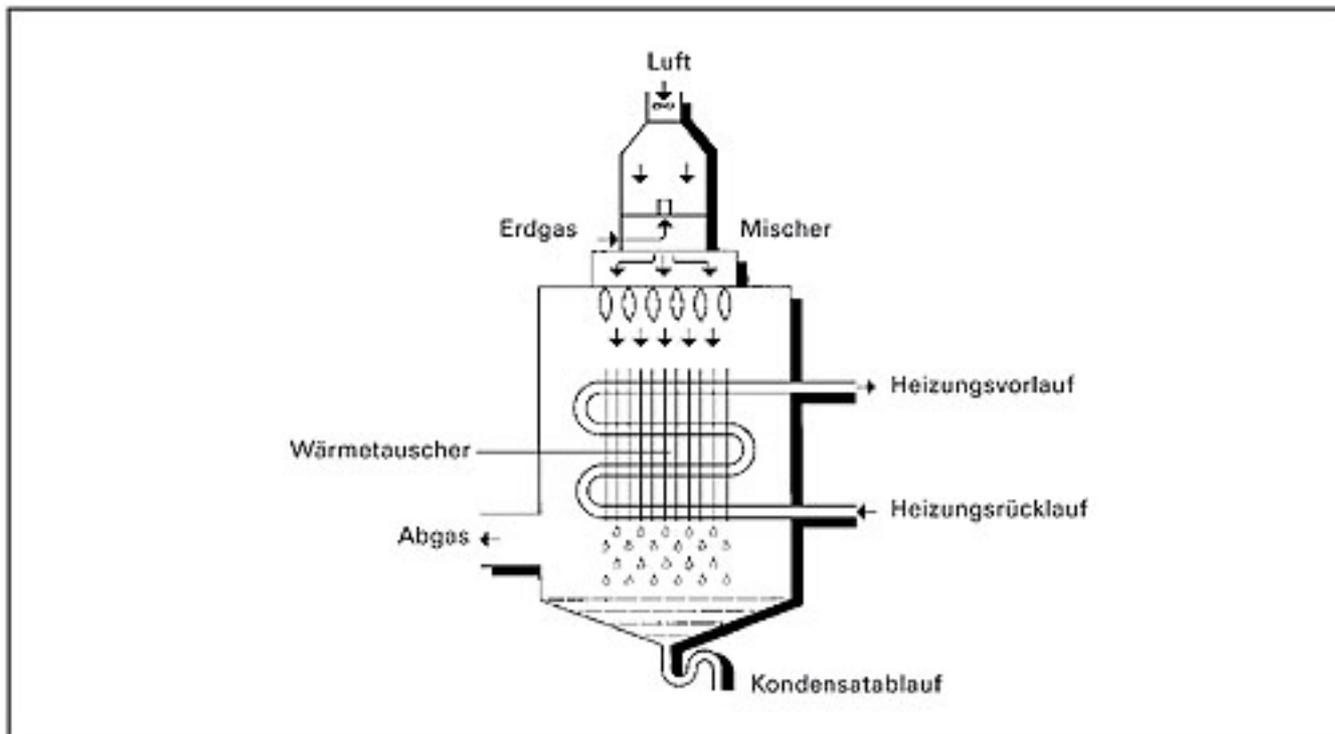
Da die Verdampfungswärme nicht zu 100% genutzt werden kann, enthalten die Abgase noch Feuchtigkeit, die im Abgasweg weiter auskondensieren kann. Der Abgasweg muss für diese Anforderungen geeignet sein.

Bei der Brennwertnutzung fällt Kondenswasser an, das mit geeigneten Mitteln abgeführt werden muss.

Alle Teile des Brennwertkessels einschließlich der Kondenswasserableitung und des Abgasweges, die mit dem Kondenswasser in Berührung kommen, müssen korrosionsbeständig sein.

Grundkonstruktion für die Brennwerttechnik

Bei Gas-Brennwertkesseln mit integriertem Kondensations-Wärmeaustauscher findet die Wärmeübertragung bis hin zur Kondensation in einer Stufe statt. Die Geräteabmessungen sind daher sehr kompakt. Der Heizungsrücklauf mündet am unteren Ende der Kondensationsfläche ein und wird im Gegenstrom zu den Heizgasen durch den Wärmeaustauscher geführt. Im unmittelbaren Flammenbereich verlässt der aufgeheizte Heizungsvorlauf dann wieder das Gerät.



Brennwertkessel mit integriertem Wärmetauscher

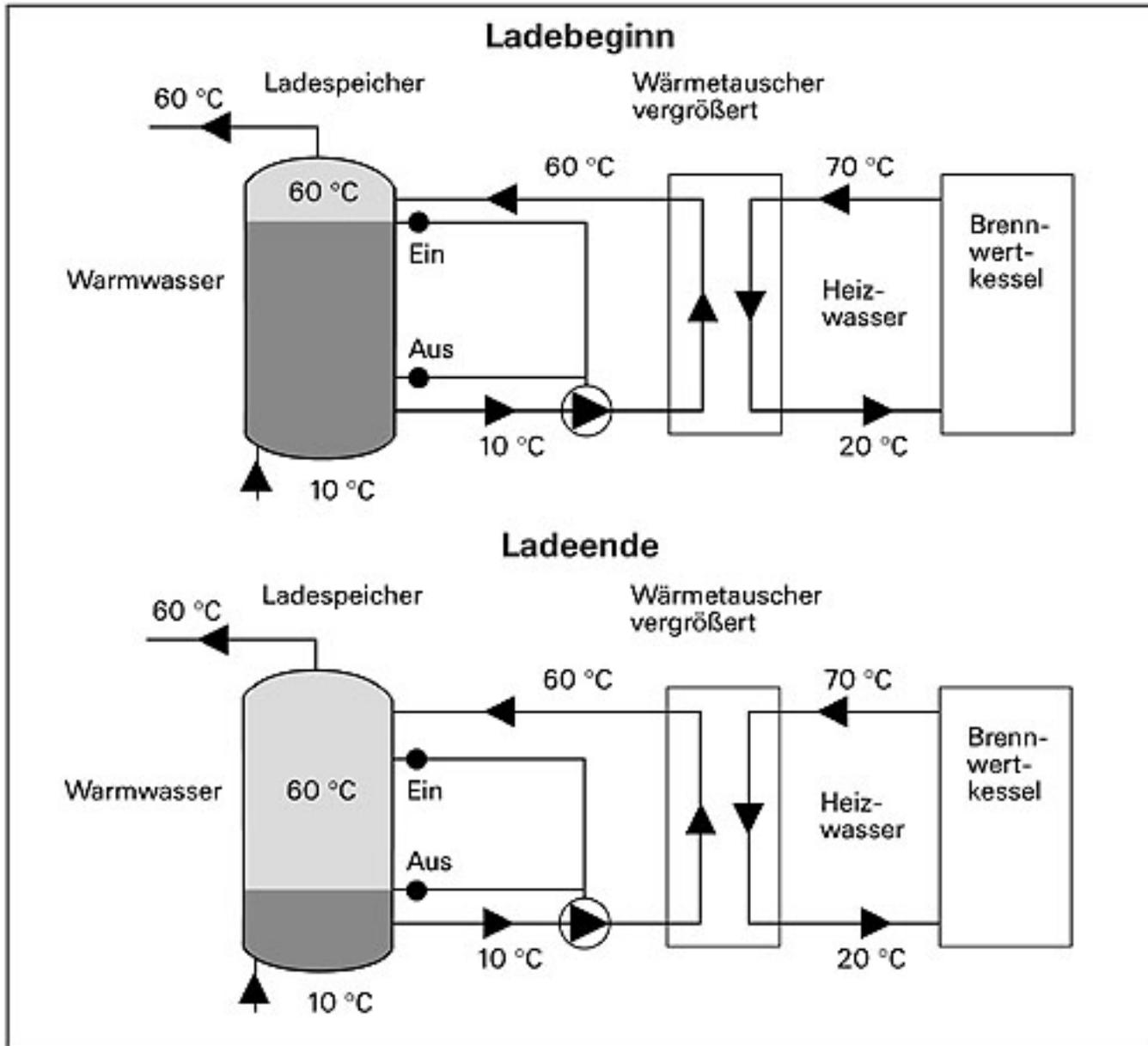
Warmwasserbereitung mit Brennwertnutzung

Beim Einsatz von Brennwertkesseln ist es sinnvoll, für die Warmwasserbereitung Ladespeicher einzusetzen.

Sie erwärmen das Wasser nicht – wie üblich – über eine Heizfläche im Speicher, sondern über einen vergrößerten Wärmetauscher.

Das erwärmte Wasser fließt von oben in den Speicher. Gleichzeitig strömt kaltes Wasser vom Boden des Speicherbehälters zum Wärmetauscher nach und fördert dadurch die Abgaskondensation. Daher kann während der gesamten Aufheizzeit und auch bei Nachheizvorgängen ein kondensierender Betrieb erreicht werden. Bei einer Warmwassertemperatur von 50 h°C werden so im Rücklauf zum Heizkessel

Temperaturen von 20 h°C, im Vorlauf von 60 h°C erreicht.



Warmwasserbereitung mit Brennwertnutzung – Ladespeicher

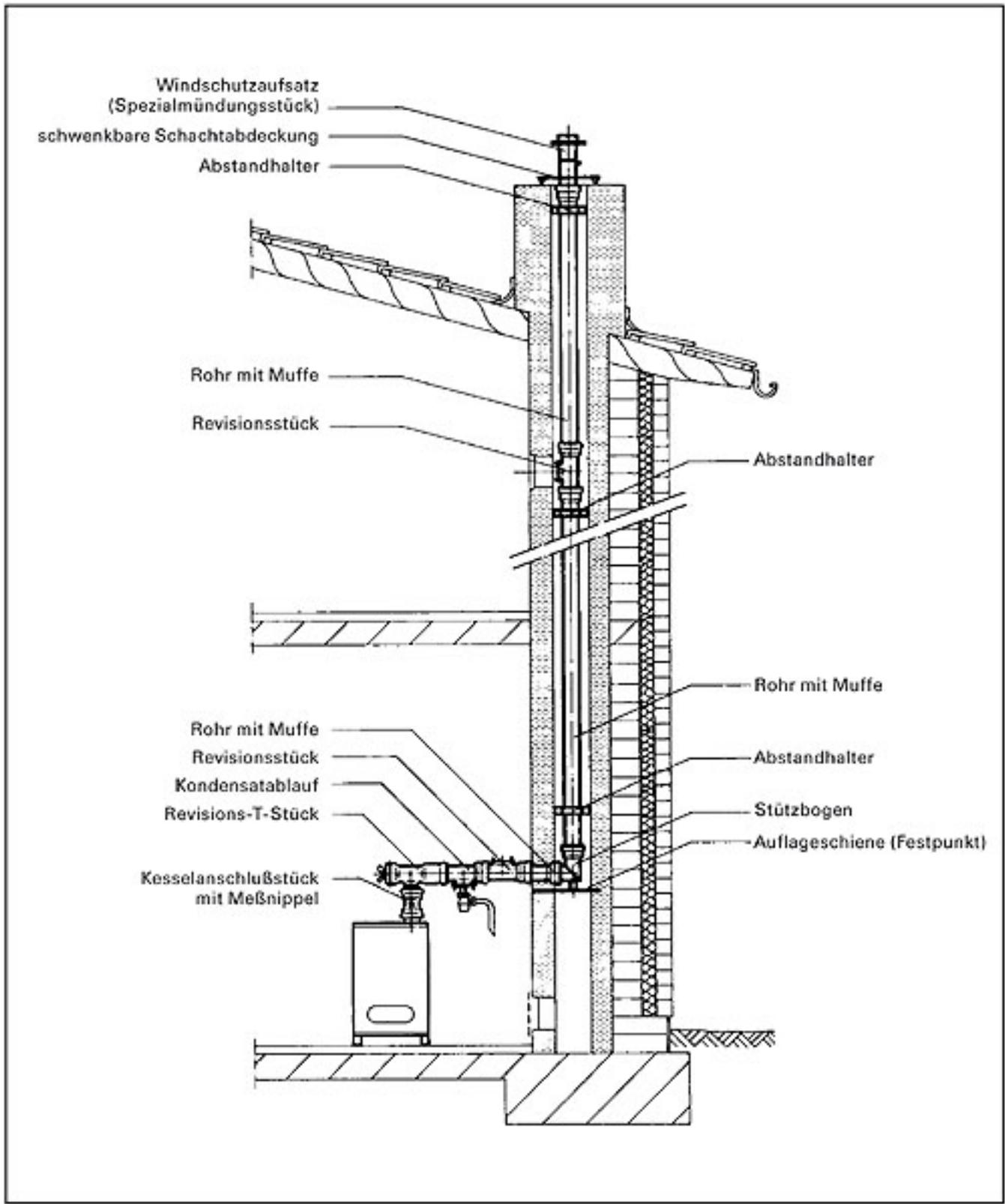
Abgasabführung bei Brennwertkesseln

Für die Abgasabführung bei Brennwertkesseln sind herkömmliche Hausschornsteine nicht geeignet, weil die Abgase nicht mehr genügend Auftrieb haben und durch die Restfeuchte auch im Abgasweg noch Kondenswasser anfällt. Als geeignete Lösung bieten sich korrosionsfeste Abgasleitungen oder mehrschalige, feuchtigkeitsunempfindliche Schornsteine an.

Die Abgasleitung wird in der Regel in bestehende Schornsteine oder in einen speziell dafür geeigneten Schacht eingezogen. Sie bietet sich deshalb auch für Altbauten an. Rings um das Abgasrohr muss ein freier Querschnitt verbleiben, der als Hinterlüftung dient und eventuell austretende Abgase sicher abführt. Wegen des zulässigen Überdrucks können recht kleine Leitungsquerschnitte (ab 50 mm Durchmesser) verwendet werden.

Abgasleitungen für Brennwertkessel werden meist mit Überdruck betrieben (Zwangsabführung mittels Gebläse). Sie müssen daher dicht gegen den Überdruck und gegen das anfallende Kondenswasser, korrosions- und in gewissem Umfang temperaturbeständig sein. Die Leckrate muss kleiner als 0,5 l/h bei 1 000 Pa = 0,01 bar sein.

Als Materialien werden zur Zeit Aluminium-Silizium-Legierungen, Edelstähle, Keramik, Kunststoffe (PVDF- und PP-Rohre) und Borosilicatglas verwendet. Die Leitungen werden komplett mit Anschluss- und Verbindungsstücken sowie Befestigungselementen geliefert.



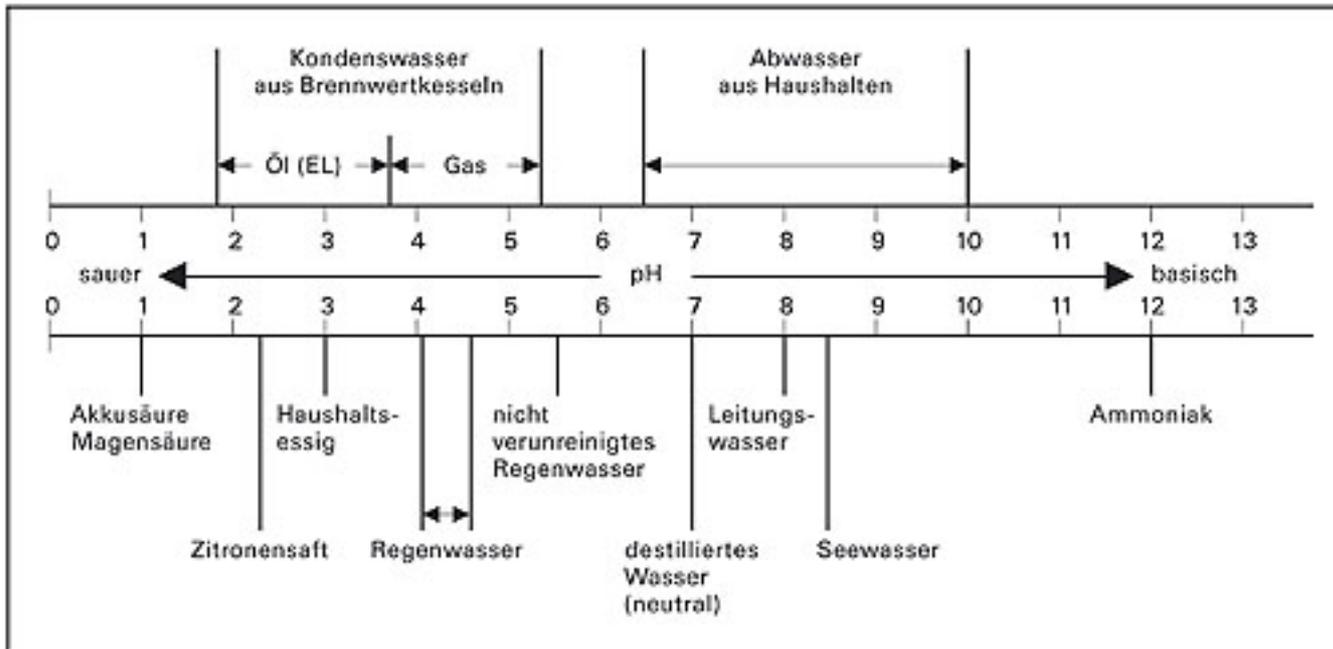
Abgasführung eines Brennwertkessels

Kondenswasserableitung

Bei der Brennwertnutzung fällt zwangsläufig und gewollt Kondenswasser an. Bei Gas-Brennwertkesseln kann man ganz grob mit 1l Kondenswasser pro Tag und kW installierter Kesselleistung rechnen. Als maximal erreichbarer Praxiswert für die spezifische Kondenswassermenge m_k , die sich sowohl im Wärmeerzeuger als auch in der dazugehörigen Abgasanlage bildet, wird für

- Gasfeuerstätten mit $mk = 0,14 \text{ kg/kWh}$
- Ölfeuerstätten mit $mk = 0,08 \text{ kg/kWh}$

angegeben.



Vergleich der pH-Werte verschiedener Stoffe

Maßgebend für die Einleitung des Kondenswassers in die öffentliche Kanalisation sind die kommunalen Abwasserbestimmungen. Sie orientieren sich in der Regel an den Richtlinien der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV).

Feuerungsleistung	Neutralisation bei Feuerungsanlagen und Motoren ohne Katalysator		Einschränkungen/Bemerkungen
	Gas	Öl	
$\leq 25 \text{ kW}$	nein*	ja	* Bei Ableitung des häuslichen Abwassers in Kleinkläranlagen nach DIN 4261 sind Kondensate zu neutralisieren.
$> 25 \text{ kW}$ bis $\leq 200 \text{ kW}$	nein**	ja	** Bei Gebäuden, die die Bedingungen der ausreichenden Vermischung nicht erfüllen, sind Kondensate zu neutralisieren.
$> 200 \text{ kW}$	ja	ja	

Neutralisationspflicht in Abhängigkeit von der Feuerungsleistung

Kesselbelastung \dot{Q}_F	kW	25	50	100	150	200
jährliche Kondensatmenge V_K	m^3/a	7	14	28	42	56
Mindestanzahl der Wohnungen N	.	≥ 1	≥ 2	≥ 4	≥ 6	≥ 8

Anzahl der Wohnungen an derselben Einleitungsstelle für das Kondenswasser, damit die Neutralisierungspflicht bei einem Gas-Brennwertkessel entfällt

Kesselbelastung \dot{Q}_F	kW	25	50	100	150	200
jährliche Kondensatmenge V_K	m^3/a	6	12	24	36	48
Mindestanzahl der Beschäftigten im Büro n_p	./.	≥ 10	≥ 20	≥ 40	≥ 60	≥ 80

Mindestanzahl der Beschäftigten in einem Bürogebäude, damit ein Gas-Brennwertkessel nicht neutralisiert werden braucht

Bei der Planung einer Brennwertanlage sollte die Untere Abwasserbehörde gehört werden.

Schadstoffreduzierung durch moderne Brennertechnik

Bei der Verbrennung aller fossilen Brennstoffe entstehen primär

- CO₂ (Kohlendioxid) und
- H₂O (Wasser).

Diese beiden Stoffe gelten nicht als Schadstoffe. CO₂ gilt aber als ein Verursacher des sog. „Treibhauseffekts“ und sollte soweit wie möglich reduziert werden.

Darüber hinaus werden bei der Verbrennung in mehr oder weniger großem Umfang Stoffe gebildet, die als umweltschädlich gelten. Art und Menge dieser Stoffe hängen vom Brennstoff und der Art der Verbrennung (Brenner, Feuerraum, Wärmeübertragung usw.) ab. Im wesentlichen handelt es sich um folgende Stoffe:

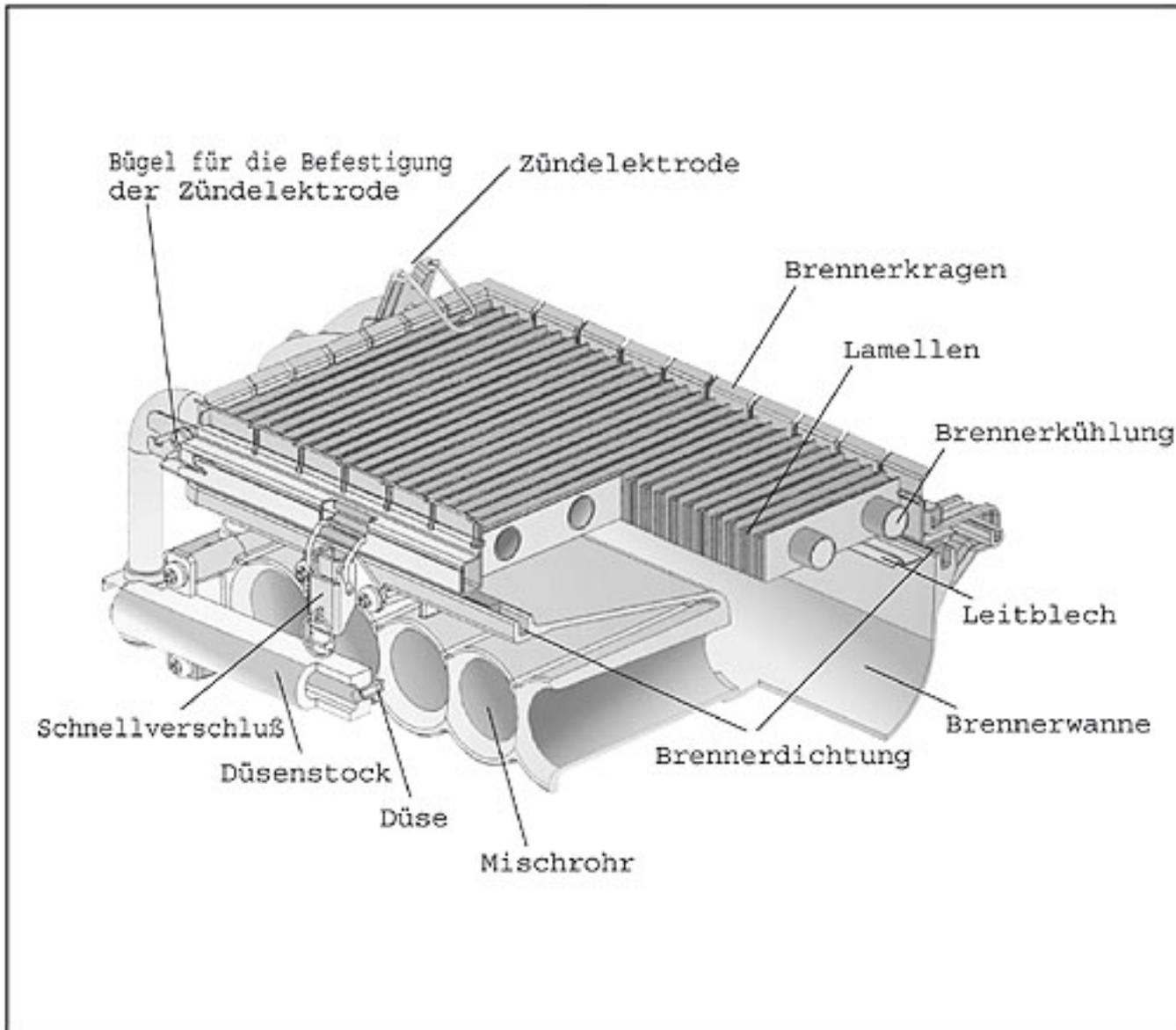
- SO₂ (Schwefeldioxid)
- CO (Kohlenmonoxid)
- NO_x (Stickstoffoxide)
- C_xH_y (Kohlenwasserstoffe)
- Ruß und Staub

Aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Erdgases entstehen bei der Verbrennung bis auf Stickstoffoxide (NO_x) nur geringe Mengen an Schadstoffen.

Wichtig für die Reduzierung von NO_x ist es, dass hohe Flammentemperaturen vermieden werden. Deshalb bietet die Geräteindustrie in Zusammenarbeit mit der Gaswirtschaft neue Techniken und Brennerkonstruktionen an, die ständig weiterentwickelt werden.

Flammenkühlung bei atmosphärischen Brennern

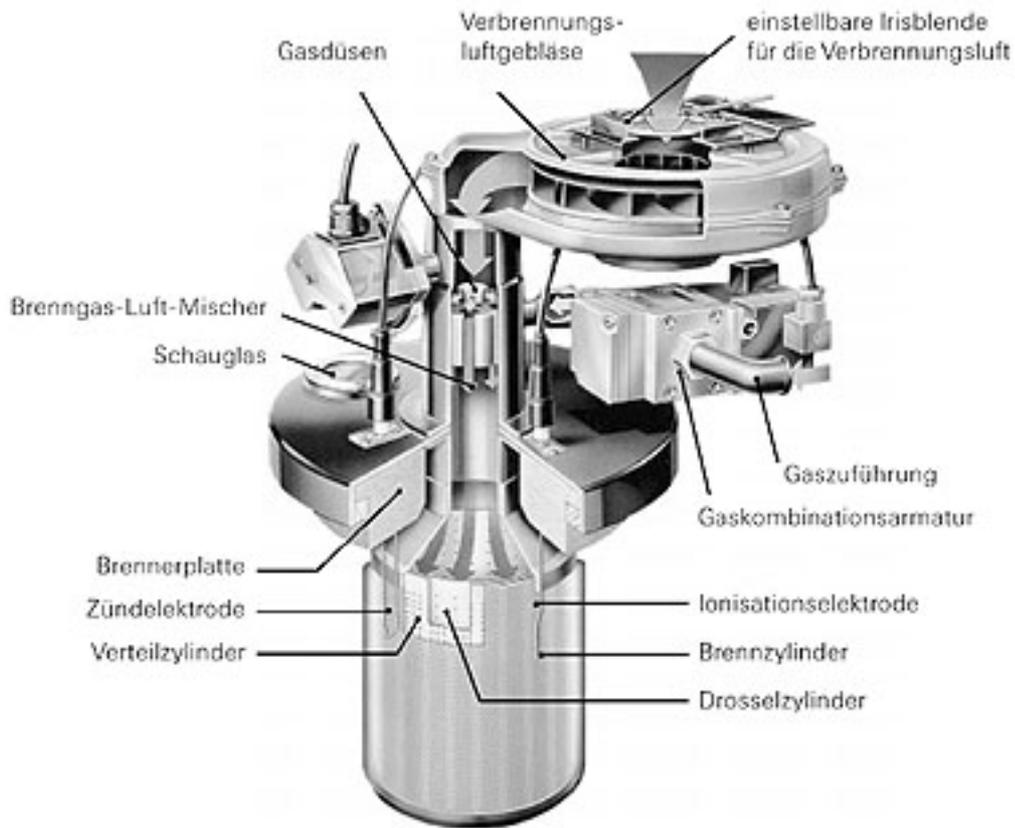
Die neuen Gas-Kesselthermen Cerastar, CERANORM und Ceramini von Junkers sind mit einem wassergekühlten, selbst vormischenden, atmosphärischen Lamellenbrenner ausgerüstet.



Brennersystem mit Flammenkühlung

Überstöchiometrisch vormischender Gasbrenner

Der mit Luftüberschuss arbeitende Thermomax-Brenner der Ruhrgas wurde zu einem Brennzylinder weiterentwickelt. Der größte Teil der bei der Verbrennung frei werdenden Wärme wird als Strahlungswärme abgegeben. Die Emissionen sind kleiner 40 mg/kWh NO_x und 10 mg/kWh CO.

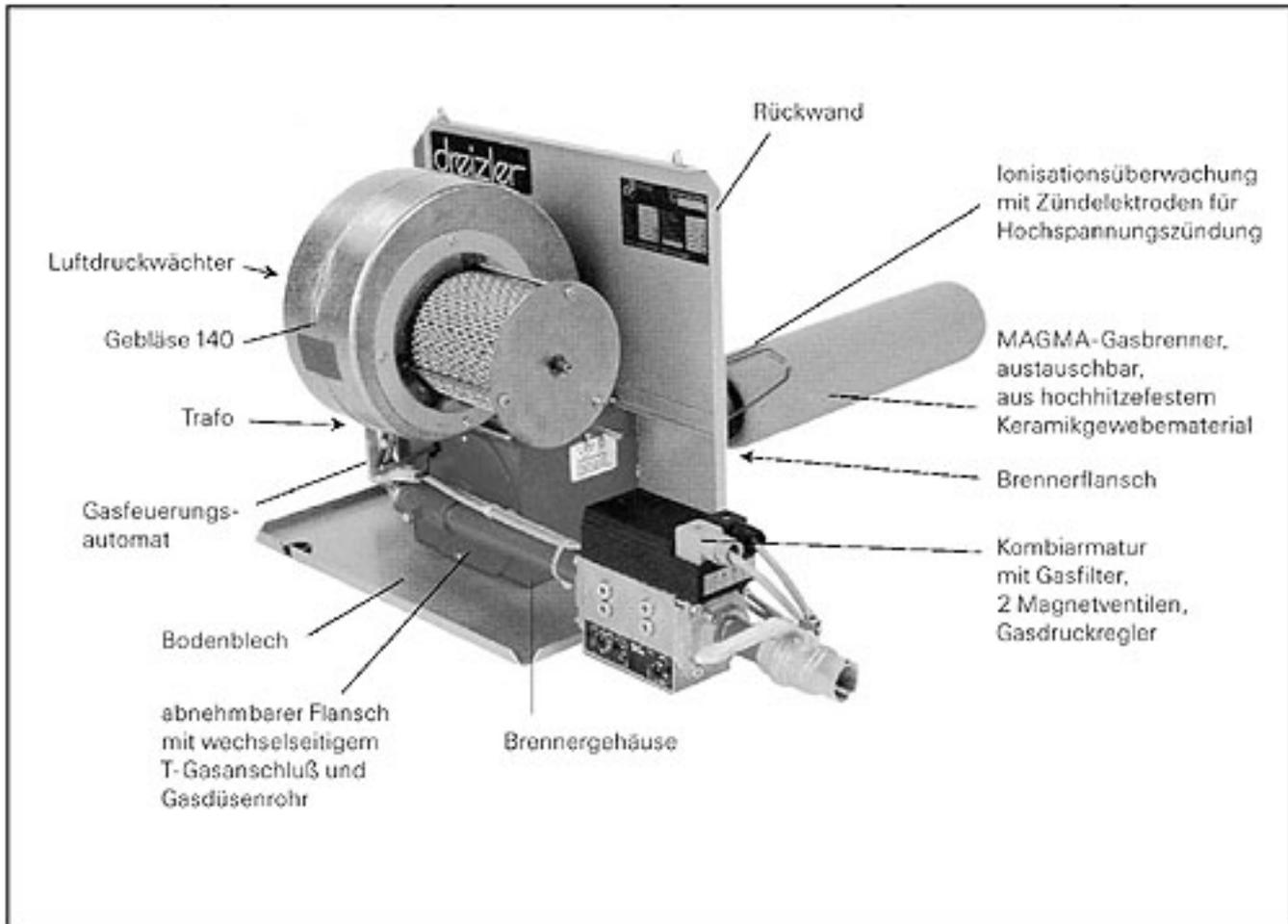


Schnittbild Vormischbrenner

Infrarot-Strahlungsbrenner

Eine Neuentwicklung ist der so genannte Magma-Brenner. Er besteht aus einem feinporigen hochhitzebeständigen Keramikgewebe. Bei einer Oberflächentemperatur des Brenners von 700 °C – 900 h° C erfolgt 30% – 40% der Wärmeübertragung durch Infrarotstrahlung.

Die Emissionswerte unterschreiten insbesondere im modulierenden Betrieb 30 mg/kWh NO_x und 10 mg/kWh CO.

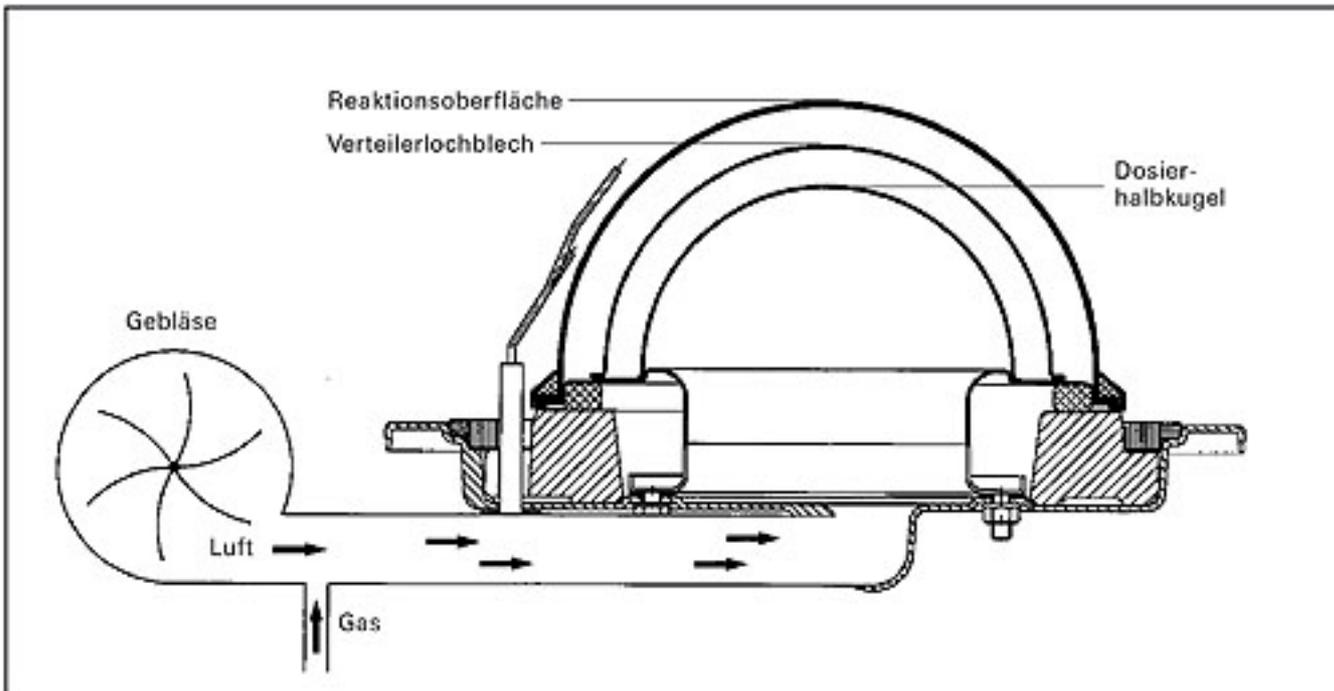


Infrarot-Strahlungsbrenner

Matrix-Strahlungsbrenner

Kernstück des Brenners ist ein zu einer Halbkugel geformtes Edelstahl-Drahtgewebe. An der Oberfläche des Drahtgewebes verbrennt das über stöchiometrische Gas-Luft-Gemisch ohne sichtbare blaue Flammen, und die Halbkugel glüht, so dass ein hoher Anteil der Wärme als Strahlung abgegeben wird.

Die ermittelten Emissionswerte sind:
 NO_x kleiner 10 mg/kWh und CO kleiner 15 mg/kWh



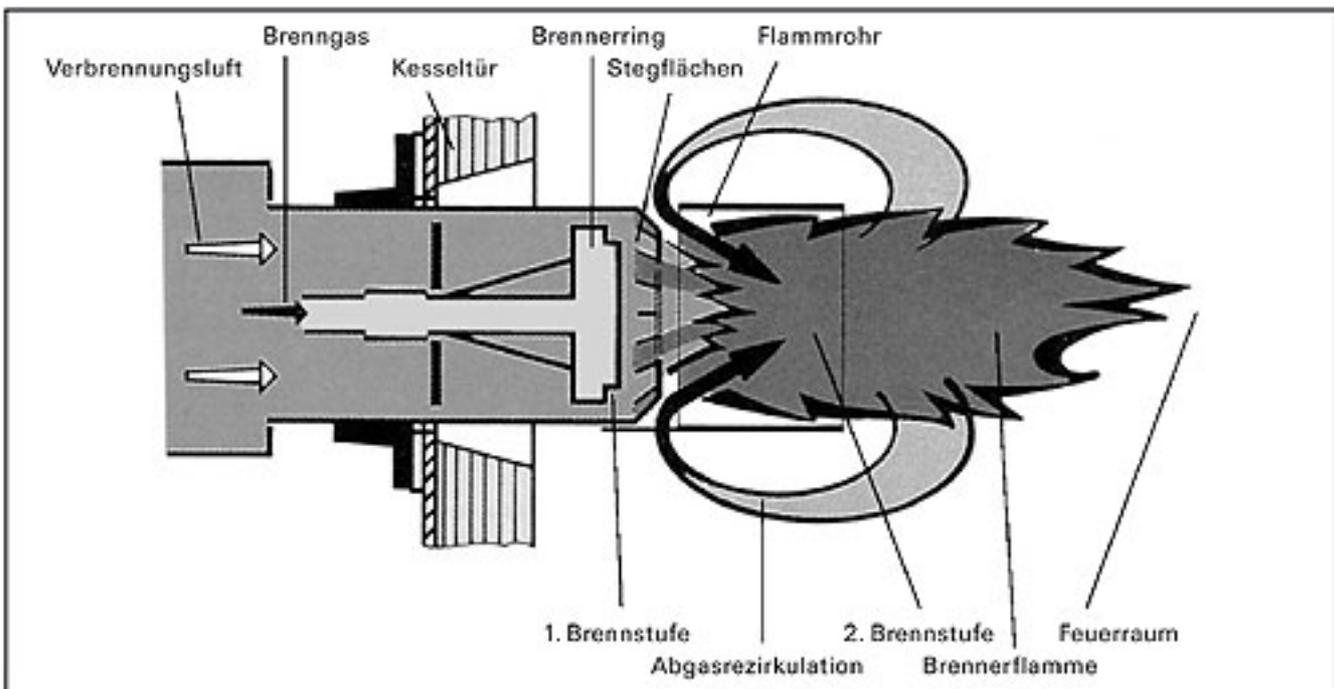
Matrix-Strahlungsbrenner

Abgasrezirkulation (ARZ) nur bei Gebläsebrennern

Die Verbrennung erfolgt hier in zwei Stufen:

- Die Verbrennungsluft vermischt sich mit dem radial ausströmenden Brenngas. Die Flamme wird in magere und fette Brennstoffzonen aufgeteilt.
- Die Flamme entwickelt sich voll im Flammenrohr. Radiale Stegflächen erzeugen die Abgasrezirkulation zur Kühlung vom Feuerraum her.

Durch die „kühlere“ Brennerflamme werden NO_x -Werte kleiner 70 mg/kWh erreicht.



ARZ-System

Einheit Brenner und Kessel (Unit)

Wichtig für geringe Schadstoffemissionen ist eine optimale Abstimmung von Brenner und Kessel. Dies führte zur Entwicklung der so genannten Units. Brenner und Kessel sind konstruktiv aufeinander abgestimmt und werden bereits im Werk voreingestellt. Das ermöglicht eine einfache Einregelung vor Ort und garantiert geringe Schadstoffemissionen.

Vorschrift	NOx			CO		
	mg/kWh	ppm 0% O2	mg/m3 3% O2	mg/kWh	ppm 0% O2	mg/m3 3% O2
TA						
Luft						
Heizöl gültig für Anlagen größer 5 MW	250	142	250	171	159	170
EL						
Gas gültig für Anlagen größer 10 MW	200	114	200	100	93	100
DIN 4702-1 (Ausgabe 03. 90)						
Heizkessel mit Ölzerstäubungsbrenner bzw. mit Gasbrenner mit Gebläse gültig für Heizkessel bis 2 MW						
Heizöl EL	260	148	260	110	102	110
2. Gasfamilie (Erdgase) < 350 kW	150	85	150	100	93	100
2. Gasfamilie (Erdgase) > 350 kW	200	114	200	100	93	100
3. Gasfamilie (Flüssiggase)	300	179	315	120	118	126
DIN 4702-3 (Ausgabe 03. 90)						
Gas-Spezialheizkessel mit Brenner ohne Gebläse gültig für Heizkessel bis 2 MW						
G 20 (entspricht etwa Erdgas H)	200	114	200	100	93	100
G 30 (entspricht etwa Flüssiggas Butan)	300	179	315	150	147	158
DIN 4702-6 (Ausgabe 03. 90)						
Brennwertkessel für gasförmige Brennstoffe gültig für Heizkessel bis 2 MW						
G 20 (entspricht etwa Erdgas H)	200	114	200	100	93	100
G 30 (entspricht etwa Flüssiggas Butan)	300	179	315	150	147	158
Umweltzeichen Blauer Engel (ab 01. 01. 98)						
RAL-UZ 46 Öl-Unit gültig für Units bis 70 kW	110	63	110	60	56	60
RAL-UZ 9 Öl-Zerstäubungsbrenner gültig bis 10 kg/h (120 kW)	120	69	120	60	56	60
RAL-UZ 40 Kombiwasserheizer und Umlaufheizer für gasförmige Brennstoffe bis 30 kW	60	34	60	60	56	60
RAL-UZ 39 Gas-Spezialheizkessel (atmosphärisch) gültig bis 70 kW	70	40	70	60	56	60
RAL-UZ 41 Gas-Unit mit Gebläsebrenner gültig für Units bis 70 kW	70	40	70	60	56	60
RAL-UZ 61 Gas-Brennwertkessel gültig bis 70 kW	60	34	60	50	47	50
RAL-UZ 80 Gasbrenner mit Gebläse gültig bis 120 kW	70	40	70	60	56	60

Hamburger Werke (Förderprogramm)						
Ölbefeuerte Anlagen	80	46	80	30	28	30
Gas-Brennwertanlagen	20	11	20	15	14	15
Schweizer-Luftreinhalte-Verordnung (LRV 92)						
Heizöl EL Feuerung mit Gebläsebrenner	120	68	120	80	74	80
Gas Feuerung mit Gebläsebrenner	80	45	80	100	93	100
Gas Feuerung mit atmosphärischem Brenner						
Leistung ≤ 12 kW	120	68	120	100	93	100
Leistung ≥ 12 kW	80	45	80	100	93	100
Í. BImSchV (bis 120 kW)						
Heizöl	120	–	–	–	–	–
Gas	80	–	–	–	–	–
Kursiv-halbfett gedruckte Werte ‰ Zahlenangaben, wie sie in der Vorschrift aufgeführt sind.						

Bewertungsgrundlagen

Energieverbrauch

Die Grundlagen für eine genaue Ermittlung des Jahres-Energieverbrauches und für den Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Energieträger sind in der VDI-Richtlinie 2067 festgelegt. In Anlehnung an diese Richtlinie werden nachfolgend Angaben gemacht, die es ermöglichen, eine überschlägige Berechnung von Projekten durchzuführen.

- Wärmebedarf Q_N nach DIN 4701 oder Bestimmung
- Jahresnutzungsgrad η_a der Kesselanlage
- Verteilungswirkungsgrad $\eta_v = 90\% - 98\%$ je nach Wärmedämmung und Verlegung
- Jahres-Vollbenutzungsstunden b_{vHa}

Angabe für die Zeit, die eine Anlage bei andauernder Höchstlast betrieben werden müsste, um den gesamten Wärmeverbrauch eines Jahres zu decken. Erfahrungswert 1 400 – 1 600 h/a für das Gewerbe

Mittlere Jahresnutzungsgrade von modernen Kesselanlagen η_a in %

Kesselleistung in kW	feste Brennstoffe	Öl	Gas	
			ohne	mit
			Gebläse	
< 50	78 ... 84	90 ... 94	88 ... 92	90 ... 94
50 ... 120	78 ... 84	90 ... 94	88 ... 92	90 ... 94
120 ... 350	84	95	93	90 ... 95
350 ... 1200	85	95	93	90 ... 95

Ältere Kessel haben um 5 ... 25 Prozentpunkte geringere Nutzungsgrade.

Mittlere Jahresnutzungsgrade von Kesselanlagen

Für den Jahres-Heizwärmeverbrauch Q_{Ha} und den Jahres-Brennstoffverbrauch B_{Ha} gelten folgende Gleichungen:

$$Q_{Ha} = \frac{Q_N \cdot b_{vH}}{\eta_a \cdot \eta_v} \quad B_{Ha} = \frac{Q_{Ha}}{H_u}$$

- mit
- Q_{Ha} = Jahres-Heizwärmeverbrauch kWh/a
 - Q_N = Wärmebedarf kW
 - b_{vHa} = Jahres-Vollbenutzungsstunden h/a
 - η_a = Jahresnutzungsgrad
 - η_v = Verteilungswirkungsgrad
 - B_{Ha} = Jahres-Brennstoffverbrauch m^3/a
 - H_u = Heizwert kWh/m^3

Beispiel:

Die Heizungsanlage eines Bürohauses soll modernisiert werden. Um nur einen Schornstein sanieren zu müssen, ist der Einsatz eines Gas-Spezialheizkessels als Doppelkessel mit gemeinsamer Abgasführung geplant.

Die Heizungszentrale soll neu verrohrt und isoliert werden.
Der Wärmebedarf wird mit 150 kW angegeben.

Wie hoch werden der Heizwärme- und der Brennstoffverbrauch pro Jahr sein?

$$\begin{aligned} Q_N &= 150 \text{ kW} && \text{(Angabe)} \\ b_{VHa} &= 1500 \text{ h/a} && \text{Mittelwert (1400 – 1600 h/a)} \\ \eta_a &= 0,91 && \text{(lt. Tabelle)} \\ \eta_v &= 0,94 && \text{(wegen neuer Zentrale-Mittelwert von 90 – 98 \%)} \\ H_u &= 9,03 \text{ kWh/m}^3 && \text{(lt. GVU)} \end{aligned}$$

$$Q_{Ha} = \frac{150 \text{ kW} \cdot 1500 \text{ h/a}}{0,91 \cdot 0,94} = 263\,035 \text{ kWh/a} \quad \text{Heizwärmeverbrauch}$$

$$B_{Ha} = \frac{263\,035 \text{ kWh/a}}{9,03 \text{ kWh/m}^3} = 29\,129 \text{ m}^3/\text{a} \quad \text{Brennstoffverbrauch}$$

Das vorgestellte Verfahren eignet sich nur zur groben Abschätzung des Energieverbrauchs. Abweichungen bis zu $\pm 30\%$ vom gemessenen Verbrauch sind möglich, z. B. durch:

- abweichende Raumtemperaturen gegenüber 20 °C
- wechselndes Benutzerverhalten
- leichte oder strenge Winter
- Bauaustrocknung (15 – 20% Mehrverbrauch im ersten Heizwinter)

Monats-Heizwärmeverbrauch

Der anteilige Verbrauch pro Monat beträgt in etwa:

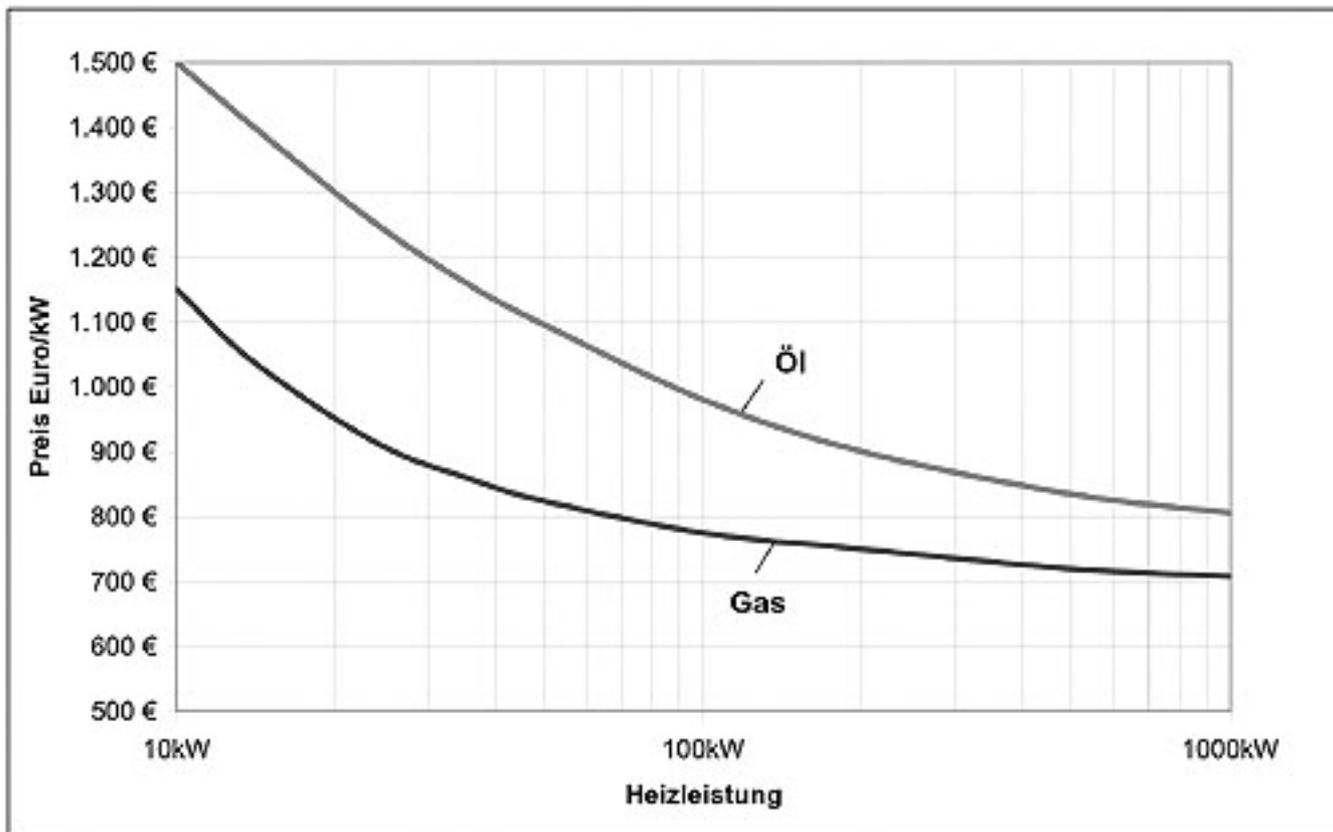
Januar	17,0 %	Mai	4,0 %	September	3,0 %
Februar	15,0 %	Juni	1,5 %	Oktober	8,0 %
März	13,0 %	Juli	1,5 %	November	12,0 %
April	8,0 %	August	1,0 %	Dezember	16,0 %

Der Verbrauch pro Tag z. B. für Heizkosten-Abrechnungen lässt sich aus dem Monatsverbrauch durch Division mit den Tagen pro Monat bestimmen.

Investitionen für konventionelle Anlagen

Anhaltswerte für die Investitionen von Zentralheizungsanlagen mit Heizkörpern in Abhängigkeit der Leistung sind dem folgenden Bild zu entnehmen (In Einzelfälle können die Kosten auch deutlich

abweichen):



Investitionen von Zentralheizungsanlagen (Stand 1997/98)

Die anteiligen Investitionen sind:

Kessel mit Brenner, Tank- bzw. Hausanschluss, Regelung und Zubehör	ca. 35 – 55 %
Rohrnetz mit Pumpen	ca. 25 – 30 %
Heizkörper	ca. 30–35%
zusätzliche bauliche Nebenkosten für Maurer- und Elektrikerarbeiten	ca. 10 – 15 %

Investitionen für Schornsteine fertig montiert:

Die Kosten sind abhängig von Ausführung, Durchmesser, Material und Wärmedämmung.

Richtwert für einen einzügigen, einschaligen Schornstein, 20 cm ohne Luftschaft inklusive Montage	75– 100 €/m
zweizügig mit Luftschaft	225–250 €/m
freistehend, einzügig, 20 cm bis ca. 15 m Höhe	750– 1000 €/m
Abgasleitung für Brennwertnutzung (einwandig)	50- 150 €/m

Kosten für die Brennwertnutzung

Die fortschrittliche Technologie von Brennwertkesseln bietet folgende Vorteile:

- verminderter Energieverbrauch
- geringere Energiekosten

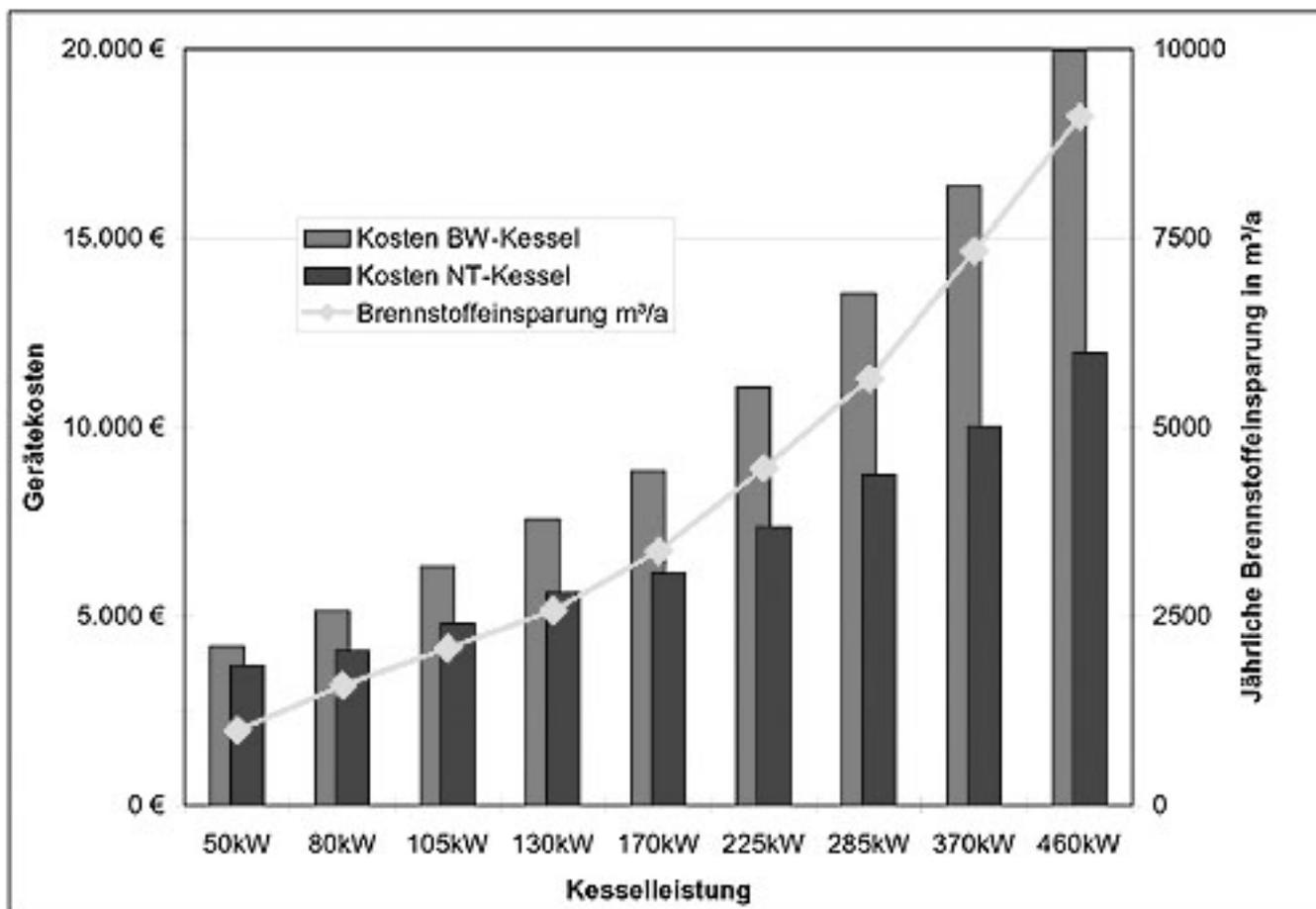
- niedrige Emissionen
- niedrige Abgastemperaturen

Dafür entstehen Mehrkosten für:

- kondensatbeständige Kessel
- geeignete Brennerkonstruktionen (i.d.R. Sturzbrenner)
- ventilatorgestützte Abgasabführung
- in seltenen Fällen für Neutralisationseinrichtungen

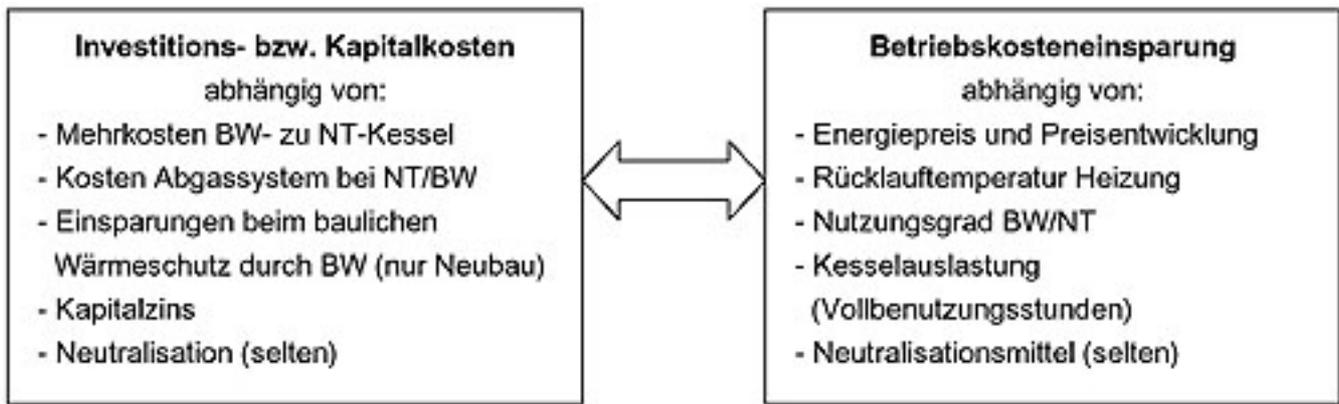
Die Abgassysteme müssen bei Brennwertnutzung druckdicht und kondensatbeständig ausgeführt werden. Dafür sind die Temperaturanforderungen geringer als bei NT-Kesseln. Deshalb kommen bei Brennwerttechnik häufig preiswerte Abgasleitungen aus Kunststoff zum Einsatz.

Im folgenden Bild ist exemplarisch ein Kostenvergleich 50 kW– 460 kW Brennwertkesseln zu NT-Kesseln von einem Hersteller dargestellt.



Kostenvergleich Brennwertkessel/NT-Kessel

Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Brennwerttechnik hängt vom Verhältnis der zusätzlichen Investitionen zu den eingesparten Betriebskosten ab.



Ein Teil der Mehraufwendungen für den Brennwertkessel kann häufig durch den Einsatz eines preiswerteren Abgassystems ausgeglichen werden. Dies führt speziell bei kleinen Gebäuden in Verbindung mit den ohnehin geringen Preisunterschieden zwischen Brennwert- und NT-Technik dazu, dass die Mehraufwendungen für die Brennwerttechnik fast oder ganz verschwinden.

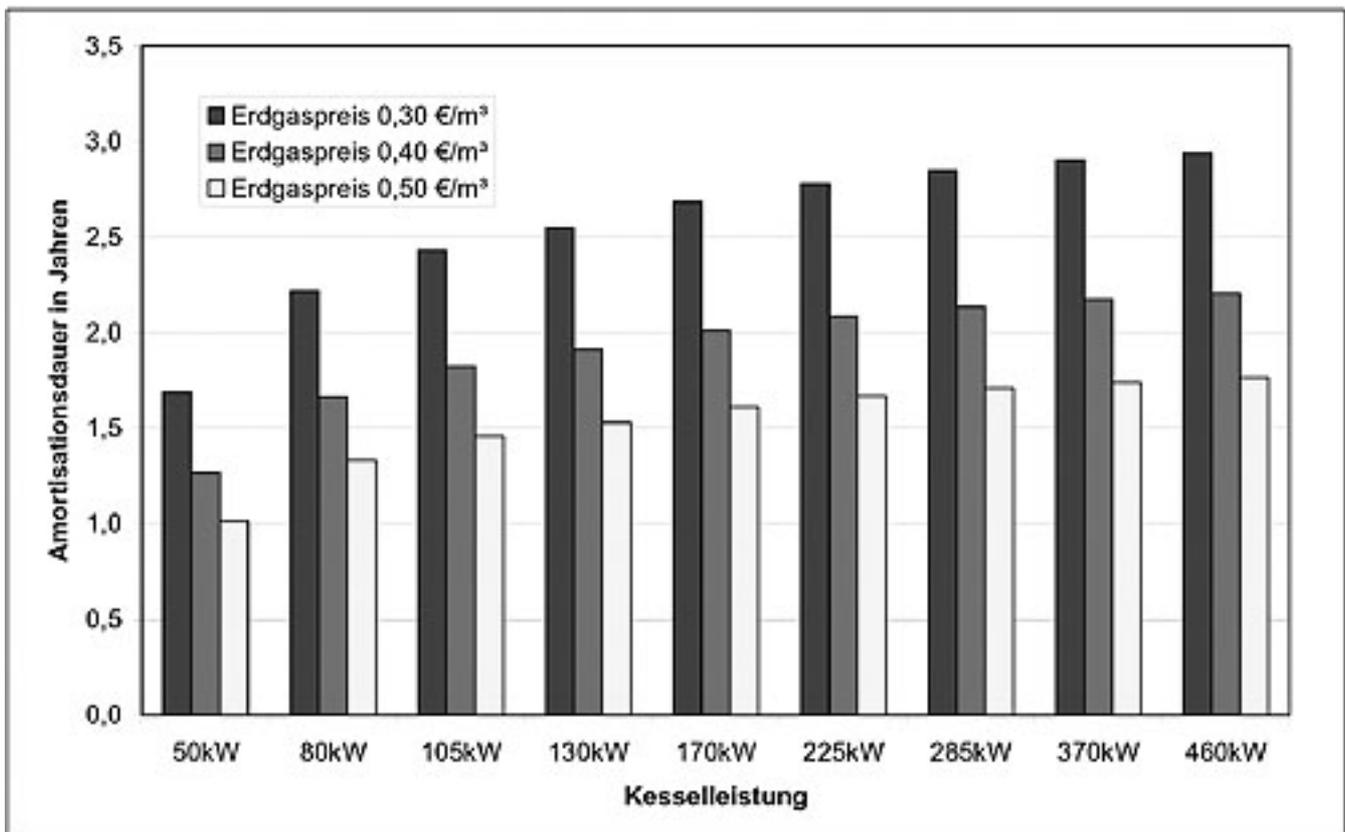
Der Einsatz eines Brennwertkessels in einem Neubau kann nach Energieeinsparverordnung unter Umständen einen Verzicht auf zusätzliche bauliche Wärmeschutzmaßnahmen ermöglichen. In diesem Fall liegen die Gesamtinvestitionen (Anlagentechnik und Zusatzaufwendungen in den baulichen Wärmeschutz) für ein Gebäude mit Brennwerttechnik unter denen in einem vergleichbaren Gebäude mit NT-Technik.

Neutralisationseinrichtungen sind bei Gas-Brennwerttechnik nur selten erforderlich, sie werden deshalb in der folgenden Amortisationsrechnung nicht berücksichtigt.

Amortisationsdauer

Eine einfache Bewertung der Wirtschaftlichkeit kann mit der Berechnung der Amortisationszeiten vorgenommen werden. In der folgenden Grafik sind neben den oben stehenden Kesselpreisen folgende weitere Annahmen getroffen:

- Erdgaspreise 0,30 €/m³, 0,40 €/m³ und 0,50 €/m³
- Jahresnutzungsgrad NT-Kessel 90%, Jahresnutzungsgrad Brennwert-Kessel 100%
- 1650 Vollbenutzungstunden



Amortisationsdauer eines Brennwertkessels im Vergleich zum NT-Kessel

Die zusätzlichen Investitionen für den Brennwertkessel werden in kürzester Zeit (1 bis 3 Jahre) durch die eingesparten Energiekosten ausgeglichen. Damit ist der Einsatz eines Brennwertkessels eine ausgesprochen wirtschaftliche Energiesparmaßnahme.

Neben der Kostenersparnis ist die Umweltentlastung durch den verringerten Energieverbrauch und die proportional zur Brennstoffeinsparung reduzierte CO₂-Emission besonders zu erwähnen.

Vorschriften, Normen, Richtlinien

Baurechtliche Vorschriften

Länderbauordnungen:

Die grundsätzlichen Anforderungen an Feuerungsanlagen, Verbindungsstücke und Schornsteine sind in den Länderbauordnungen festgelegt.

Feuerungsverordnung:

Die Bauordnung wird ergänzt und im einzelnen erläutert durch die „Verordnung über Feuerungsanlagen, Anlagen zur Verteilung von Wärme und zur Warmwasserversorgung sowie über Brennstofflagerung (FeuVo)“.

Durchführungsverordnungen:

Verschiedene Bundesländer haben keine Feuerungsverordnung herausgegeben, sondern die Anforderungen an Feuerungsanlagen innerhalb der Durchführungsverordnungen zur Bauordnung geregelt.

Normen

DIN 3388 Teil 1

„Abgasklappen für Gasfeuerstätten; thermisch gesteuert“

DIN 3388 Teil 2

„Abgas-Absperrvorrichtungen für Feuerstätten für flüssige oder gasförmige Brennstoffe; mechanisch betätigte Abgasklappen, sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung“

EN 297

Heizkessel der Typen B₁₁ B_{11BS} mit atmosphärischen Brennern mit einer Nennwärmeleistung kleiner oder gleich 70 kW

EN 677

Besondere Anforderungen an Brennwert-Heizkessel mit einer Nennwärmebelastung bis 70 kW

DVGW-Bestimmungen

TRGI '86/96

DVGW-Arbeitsblatt G 260

„Technische Regeln für die Gasbeschaffenheit“

DVGW-Arbeitsblatt G 600

„Technische Regeln für Gas-Installationen (DVGW-TRGI)“

DVGW-Arbeitsblatt G 626

„Technische Regeln für die Abführung der Abgase von Gaswasserheizern über Zentrallüftungsanlagen nach DIN 18 017 Teil 3“

DVGW-Merkblatt G 627

„Luft/Abgas-Schornsteine“
DVGW-Arbeitsblatt G 660

„Abgasanlagen mit mechanischer Abgasführung für Gasfeuerstätten mit
Brennern ohne Gebläse“
DVGW-Hinweis G 672

„Gasbefeuerte Dachheizzentralen“
DVGW-Merkblatt GW110

„Einheiten im Gas- und Wasserfach“

TRF „Technische Regeln Flüssiggas“
VDI-Richtlinien

VDI-Richtlinie 2067 Blatt 2

„Richtwerte zur Vorausberechnung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Brennstoffe (Koks, Kohle, Heizöl,
Gas) bei Warmwasser-Zentralheizungsanlagen“

Sonstige Vorschriften und Bestimmungen

- Bundes-Immissionsschutzgesetz einschließlich der entsprechenden Vollzugsvorschriften
 - Heizungsanlagenverordnung
 - ATV-Merkblätter.
-

Literatur

- /1/ Cziesielski • Daniels • Trümper:
Ruhrgas Handbuch – Haustechnische Planung
Karl Krämer Verlag 1988
- /2/ Recknagel • Sprenger • Hönmann • Hrsg. Schramek:
Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik
Oldenbourg-Verlag 97/98
- /3/ Viessmann:
Viessmann Heizungs-Handbuch
Gentner-Verlag 1987
- /4/ Ihle • Bader • Golla:
Tabellenbuch Sanitär-Heizung-Lüftung
Schroedel Schulbuch-Verlag 1991
- /5/ Buderus Planungsunterlage 2.02, Regelsystem 3000
Anwendungstechnik Regelung
- /6/ Hausladen:
Handbuch der Schornsteintechnik
Oldenbourg-Verlag 1990
- /7/ Erdgas Information Haustechnik:
Gas-Brennwertgeräte
Ruhrgas AG 1993
- /8/ ASUE:
Heizung und Warmwasserbereitung mit Erdgas Brennwerttechnik
Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
- /9/ Burkhardt:
Projektierung von Warmwasserheizungen
Oldenbourg-Verlag 1992
- /10/ Buderus Planungshandbuch, Brennwert-Gasheizkessel
GB 102 W/GB 102WT 1994
-

Impressum

- Herausgeber:** Hauptausschuß „Marketing“ im Bundesverband der
deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. (BGW)
Reinhardtstr.14
10117 Berlin
Tel.: 030 28041-0
- Konzeption:** BGW-Arbeitskreis „Gewerbegas-Marketing“
- Bearbeitung:** Dipl.-Ing. (FH) Michael Kronenbitter · Gasversorgung
Süddeutschland GmbH (GVS) · Stuttgart
- Verlag und Vertrieb:** Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
Josef-Wirmer-Straße 3 · 53123 Bonn · Telefon 0228 91914-0
-