

Planungsgrundlagen Generell

- 1.2 Umrechnungszahlen zu Einheiten
- 1.3 Brennwerte (H_s) und Heizwerte (H_i)
- 1.4 Brennstoffmengen und Nennwärmeleistung

Allgemeine Grundlagen Öl und Gas

- 1.6 Ölleitungsdimensionierung: Allgemeine Hinweise
- 1.7 Ölleitungsdimensionierung: \varnothing 4/6 mm
- 1.8 Ölleitungsdimensionierung: \varnothing 6/8 mm
- 1.9 Ölleitungsdimensionierung: \varnothing 8/10 mm
- 1.10 Ölleitungsdimensionierung: \varnothing 10/12 mm
- 1.11 Einfluss von Höhenlagen über 700 m ü.M.
- 1.12 Öldüsen für Öldruckzerstäuber nach EN 293
- 1.13 Düsenleistungsdiagramme
- 1.16 Emissionsgrenzwerte für Ölbrenner
- 1.18 Allgemeine Grundlagen zur Gasversorgung
- 1.19 Gasarmaturenmontage · Installationshinweis
- 1.22 Strömungsgeschwindigkeit in Gasleitungen
- 1.23 Emissionsgrenzwerte für Gasbrenner
- 1.24 Warmwasserbedarf, Berechnungsbeispiel, Bedarfskurve
- 1.26 Bedarfstabelle Kesselzuschlag
- 1.27 Druckexpansionsgefäße
- 1.28 Grundlagen zur Hydraulik von Warmwasserheizungen
- 1.31 Planungs- und Ausführungskontrollen
- 1.32 Anforderungen an die Wasserqualität in Heizungsanlagen und Maßnahmen



Planungsgrundlagen Solarenergie, Biomasse

- 1.34 Begriffe A - Z
- 1.37 Ermittlung Trinkwasserbedarf
- 1.38 Auswahl des Solarspeichers
- 1.39 Auslegung Absorberfläche
- 1.40 Einflüsse auf die Größe der Kollektorfläche
- 1.40 Rohrdimensionierung
- 1.41 Inhalte der einzelnen Komponenten



Planungsgrundlagen Wärmepumpen

- 1.42 Auslegung und Dimensionierung
- 1.45 Einsatzbereiche



Umrechnungszahlen zu Einheiten

Umrechnung von Drücken

Einheit	bar	mbar = hPa	Pa	kPa	kp/cm ²
1 bar	1	1000	100 000	100	1,02
1 mbar	0,001	1	100	0,1	0,001 02
1 Pa	0,000 01	0,01	1	0,001	0,000 0102
1 kPa	0,001	10	1000	1	0,001 02
1 kp/cm ² (at)	0,981	981	981 00	98,1	1
1 mm WS	0,000 0981	0,098 1	9,81	9810	0,0001
1 m WS	0,098 1	98,1	9810	9,81	0,1

Umrechnung von Energie, Arbeit, Wärmeenergie

Einheit	J = Ws	kJ	MJ	Wh	kWh	kcal
1 J = 1 Ws	1	0,001	0,000 001	0,000 278	$277,8 \times 10^{-9}$	0,000239
1 kJ	1000	1	0,001	0,2778	$277,8 \times 10^{-6}$	0,238 8
1 MJ	1000 000	1000	1	277,8	0,277 8	238,8
1 Wh	3600	3,6	0,0036	1	0,001	0,86
1 kWh	3 600 000	3600	3,6	1000	1	860
1 kcal	4186,8	4,187	0,004 19	1,163	0,001 163	1

Maßeinheiten

Basisgrößen	Abkürzung	Basiseinheiten	Abkürzung	weitere erlaubte Einheiten
Länge	l	Meter	m	mm, cm, dm, km
Masse	m	Kilogramm	kg	g
Zeit	t	Sekunde	s	m, h, d, a
Stromstärke	I	Ampere	A	
Spannung	U	Volt	V	
Widerstand	R	Ohm	Ω	
Temperatur	T	Kelvin	K	°C
Stoffmenge	n	Mol	mol	

Brennwerte (H_S) und Heizwerte (H_i)

Wärmewert

Der Wärmewert ist die Sammelbezeichnung für die Brennwerte und die Heizwerte. Darunter versteht man die Wärmemenge, die bei einer vollständigen Verbrennung von 1 kg Brennstoff frei wird. Der Unterschied zwischen Brennwert und Heizwert wird durch die Verdampfungswärme des Wassers gebildet. Ein Unterschied ist deshalb bei den Brennstoffen vorhanden, die bei der Verbrennung Wasserdampf bilden, der über die Abgasanlage entweicht. Der Brennwert H_S gibt die Verbrennungswärme einschließlich der Verdampfungswärme aus dem in den flüssigen Zustand kondensierenden Wasserdampf an. Der Heizwert H_i gibt die Verbrennungswärme an, bei der der Wasserdampf in dampfförmigem Zustand abgeführt wird.

Verhältnis H_S/H_i von Brennstoffen

Energieträger	Brennwert H _S	Heizwert H _i	Verhältnis H _S /H _i
Stadtgas	5,48 kWh/m ³	4,87 kWh/m ³	1,13
Erdgas L	9,78 kWh/m ³	8,83 kWh/m ³	1,11
Erdgas E	11,46 kWh/m ³	10,35 kWh/m ³	1,11
Propan	28,28 kWh/m ³	25,99 kWh/m ³	1,09
Butan	37,22 kWh/m ³	34,31 kWh/m ³	1,08
Heizöl EL	12,57 kWh/kg	11,86 kWh/kg	1,06

Heizwerte flüssiger, gasförmiger und fester Brennstoffe

Brennstoffart	Heizwert in kJ/kg	kWh/kg
Heizöl EL	42700	11,86
Heizöl L	37800	10,50
Heizöl S	39900	11,08
Holz	15300	4,25
Holzpellet	17600	4,9
Koks	28500	7,93
Steinkohle	30000	8,33
Braunkohle	22000	6,10
Erdgas L	31750	8,80
Erdgas E	37350	10,38
Stadtgas	16340	4,54
Propan	50300	12,87
Butan	49500	12,72
Biogas	ca. 21000-27000	ca. 6,00-7,70

Brennstoffmengen und Nennwärmeleistung

Der Brennstoffmassenstrom m_B bei Öl-/Pelletfeuerungsanlagen bzw. Brennstoffvolumenstrom V_n bei Gasfeuerungsanlagen, berechnet sich wie folgt:

wenn H_u in kWh/kg eingesetzt wird:

$$m_B = \frac{Q_N}{H_u \cdot \eta_K} \text{ (kg/h)}$$

wenn H_u in kJ/kg eingesetzt wird:

$$m_B = \frac{Q_N \cdot 3600}{H_u \cdot \eta_K} \text{ (kg/h)}$$

wenn H_u in kWh/m³ eingesetzt wird:

$$V_n = \frac{Q_N}{H_u \cdot \eta_K} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

wenn H_u in kJ/m³ eingesetzt wird:

$$V_n = \frac{Q_N \cdot 3600}{H_u \cdot \eta_K} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

- Q_N = Nennwärmeleistung des Kessels kW
- H_u = Heizwert des Brennstoffes in kWh/kg bei Öl/Pellet, bzw. kWh/m³ bei Gas, oder kJ/kg oder kJ/m³
- m_B = Brennstoffmassenstrom
- V_n = Norm-Gasdurchsatz
- η_K = Wirkungsgrad des Kessels

Die Feuerungswärmeleistung oder Wärmebelastung ist die Leistung, die dem Wärmeerzeuger mit dem Brennstoff und der Verbrennungsluft zugeführt wird.

Die Nennwärmeleistung ist die Leistung, die vom Wärmeerzeuger an das Medium abgegeben wird, unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades.

$$Q_F = \frac{Q_N}{\eta_K}$$

Q_F = Feuerungswärmeleistung oder Wärmebelastung

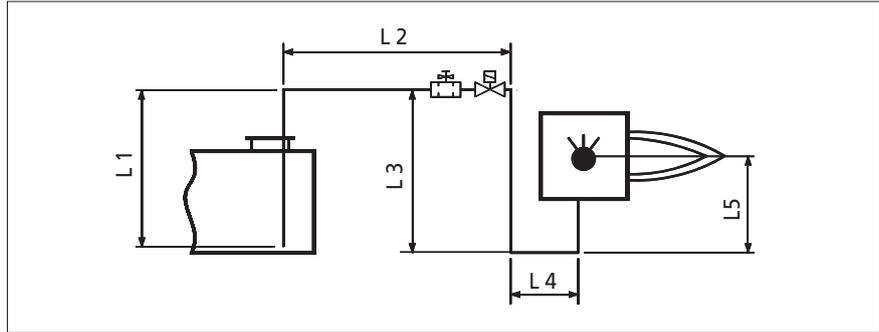
Leistungsreduktion für Gebläsebrenner		Aufnahme des Arbeitsfeldes bei:		
Höhe über Meer	Mittlerer Luftdruck	0 m.ü.M. Reduktion	500 m.ü.M. Reduktion	1400 m.ü.M. Reduktion
0 m.ü.M.	1013 mbar	0 %		
100 m.ü.M.	1001 mbar	2 %		
200 m.ü.M.	989 mbar	3 %		
300 m.ü.M.	978 mbar	5 %		
400 m.ü.M.	966 mbar	6 %		
500 m.ü.M.	964 mbar	8 %	0 %	
600 m.ü.M.	944 mbar	9 %	1 %	
800 m.ü.M.	922 mbar	12 %	4 %	
1000 m.ü.M.	899 mbar	15 %	7 %	
1200 m.ü.M.	878 mbar	18 %	10 %	
1400 m.ü.M.	857 mbar	21 %	13 %	0 %
1600 m.ü.M.	835 mbar	24 %	16 %	3 %
1800 m.ü.M.	815 mbar	27 %	19 %	6 %
2000 m.ü.M.	795 mbar	30 %	22 %	9 %

Ölleitungsdimensionierung: Allgemeine Hinweise

1. Saugleitungslänge

Die maximal mögliche Saugleitungslänge ergibt sich aus den Druckverlusten von Rohrleitung und Armaturen und der Ansaughöhe. Sie wird aufgrund der Dimensionierungs-Diagramme bestimmt. Für die Praxis wird empfohlen, Saugleitungen nicht länger als 40 m zu verlegen.

In jedem Fall ist für die Ermittlung der max. Ansaughöhe immer mit der gestreckten Leitungslänge ($L1 + L2 + L3 + L4 + L5$) zu rechnen.

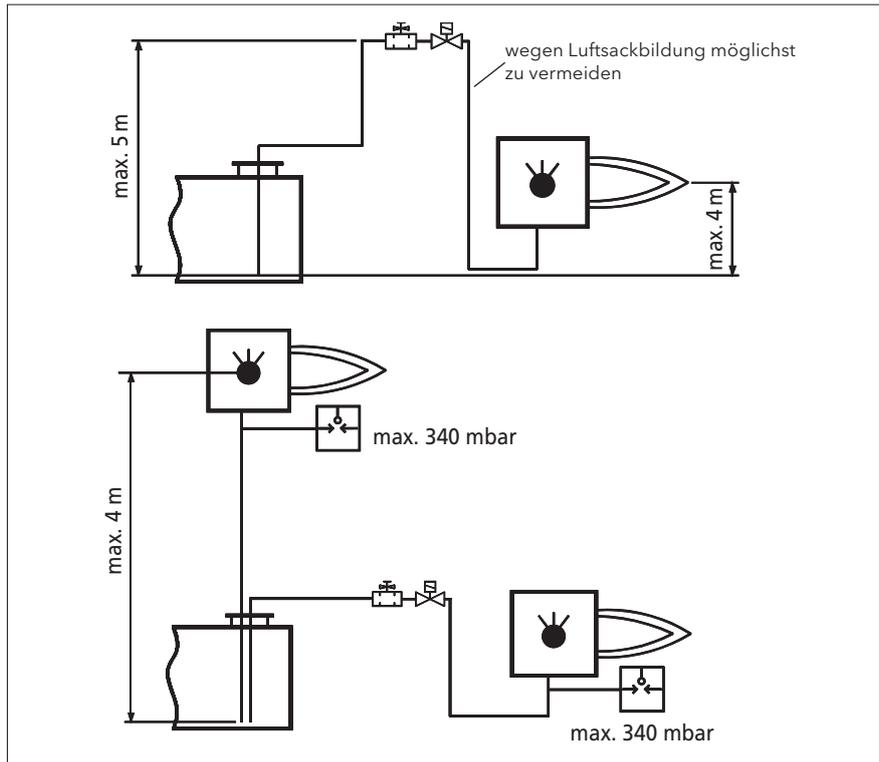


2. Ansaughöhe

Die maximale Ansaughöhe richtet sich nach der Saugkraft der Brennerpumpe und der Physik. Alle heute verwendeten Brennerpumpen sind in der Lage, das Öl über 8 m hoch anzusaugen. Da jedoch bereits bei ca. 5 m Ansaughöhe Gasabscheidungen auftreten können, muss der Grenzwert von 4 m als max. Höhendifferenz zwischen Brennerpumpe und Absaugstelle im Tank unbedingt beachtet werden.

Sogenannte Leitungsüberhöhungen, also Leitungen, die erst nach oben und dann wieder abwärts geführt werden, sind wegen der Gefahr einer Luftsackbildung möglichst zu vermeiden. In keinem Fall darf die Höhendifferenz von der Absaugstelle im Tank bis zum höchsten Leitungspunkt 5 m übersteigen.

Um einen störungsfreien Brennerbetrieb zu gewährleisten, darf der an der Brennerpumpe gemessene Unterdruck nicht größer als 340 mbar sein.



3. Leitungsdimensionen

Die Leitungsdimensionen richten sich nach der Öl-Durchflussmenge (entsprechend der Feuerungswärmeleistung).

Um eine Selbstentlüftung zu garantieren, muss die Dimension der Ölleitung gemäss der nachfolgenden Tabelle gewählt werden.

Aus den Leitungsdimensionierungs-Diagrammen sind aufgrund der Durchflussmenge und der Ansaughöhe die maximal möglichen Ansaughängen zu ermitteln.

Bei 2-stufigen Brennern ist für die Bestimmung des Leitungsdurchmessers die Grundlastmenge massgebend. Für die Kontrolle der maximalen Leitungslänge entsprechend der Ansaughöhe muss jedoch mit der Volllastmenge gerechnet werden.

Reicht die Leitungsdimension für einen Saugbetrieb nicht aus, ist eine Dienstpumpe einzusetzen.

Öl-Durchflussmenge	Saugleitungs-Innendurchmesser
1 - 10 l/h	Polyamid- /Cu-Rohr = 4 / 6 mm
8 - 45 l/h	Polyamid- /Cu-Rohr = 6 / 8 mm
25 - 130 l/h	Polyamid- /Cu-Rohr = 8 / 10 mm
90 - 170 l/h	Polyamid- /Cu-Rohr = 10 / 12 mm

Ölleitungsdimensionierung: ø 4/6 mm

Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: 0-10°C

Anwendungsbereich: 1-10 l/h, Leitungslänge max. 40 m

ø 4/6 [mm]

+ Zulaufhöhe

- Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

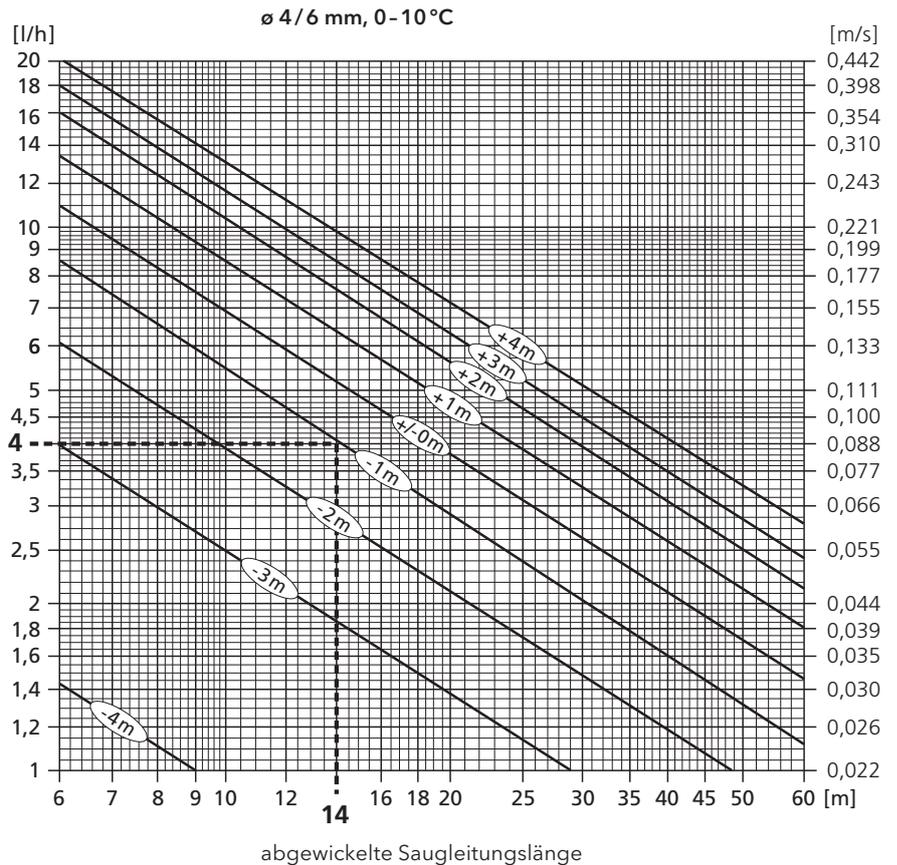
Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.

Ablesebeispiel

Gegeben: Durchflussmenge 4 l/h
Ansaughöhe 1 m

Gesucht: Max. mögliche abgewinkelte Saugleitungslänge

Lösung: aus Diagramm 14 m



Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: > 10°C

Anwendungsbereich: 1-10 l/h, Leitungslänge max. 40 m

ø 4/6 [mm]

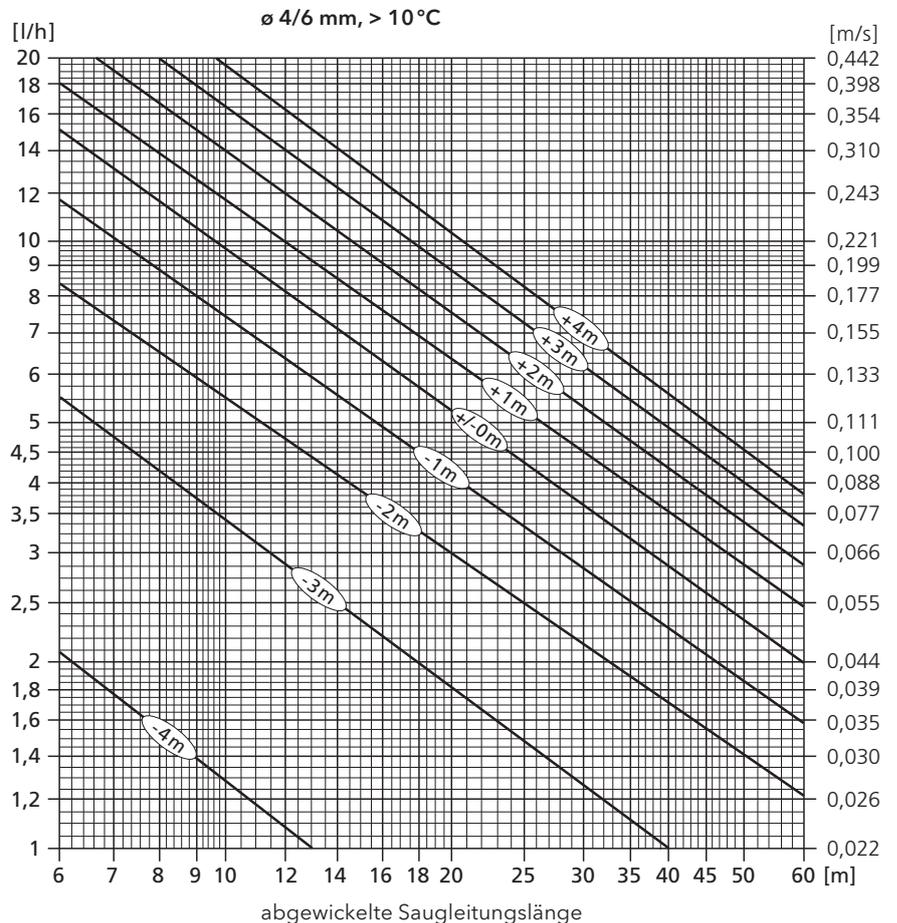
+ Zulaufhöhe

- Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.



Quelle: GKS

Ölleitungsdimensionierung: $\varnothing 6/8$ mm

Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: 0-10 °C

Anwendungsbereich: 8-45 l/h, Leitungslänge max. 40 m

$\varnothing 6/8$ [mm]

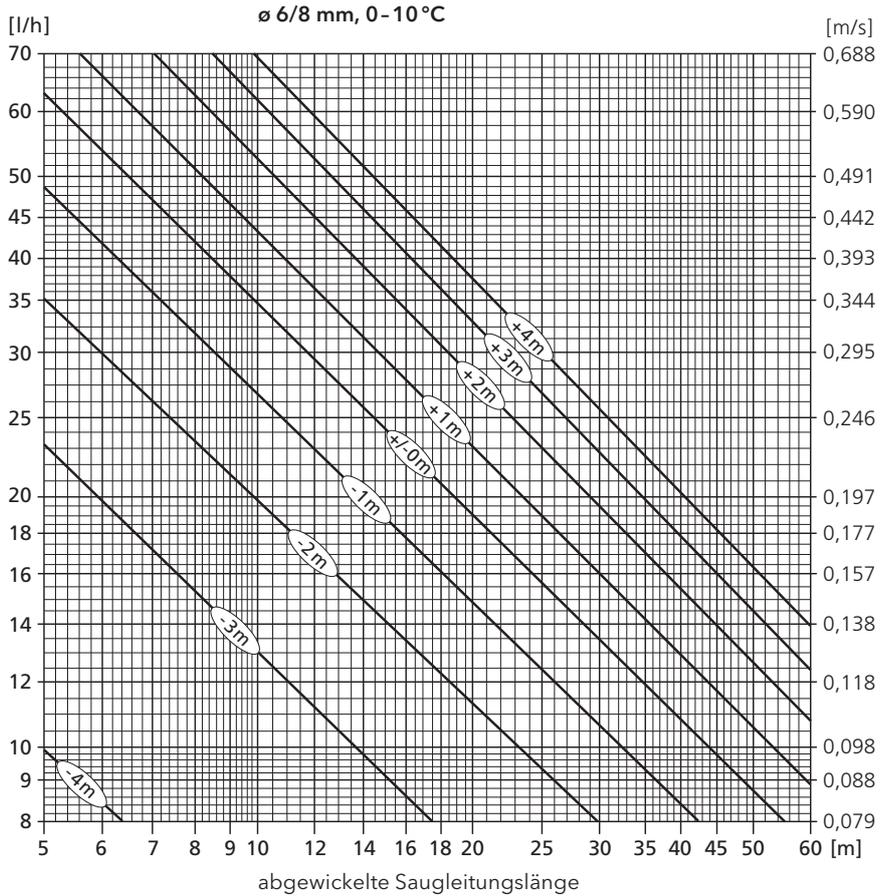
+ Zulaufhöhe

- Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.



Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: > 10 °C

Anwendungsbereich: 8-45 l/h, Leitungslänge max. 40 m

$\varnothing 6/8$ [mm]

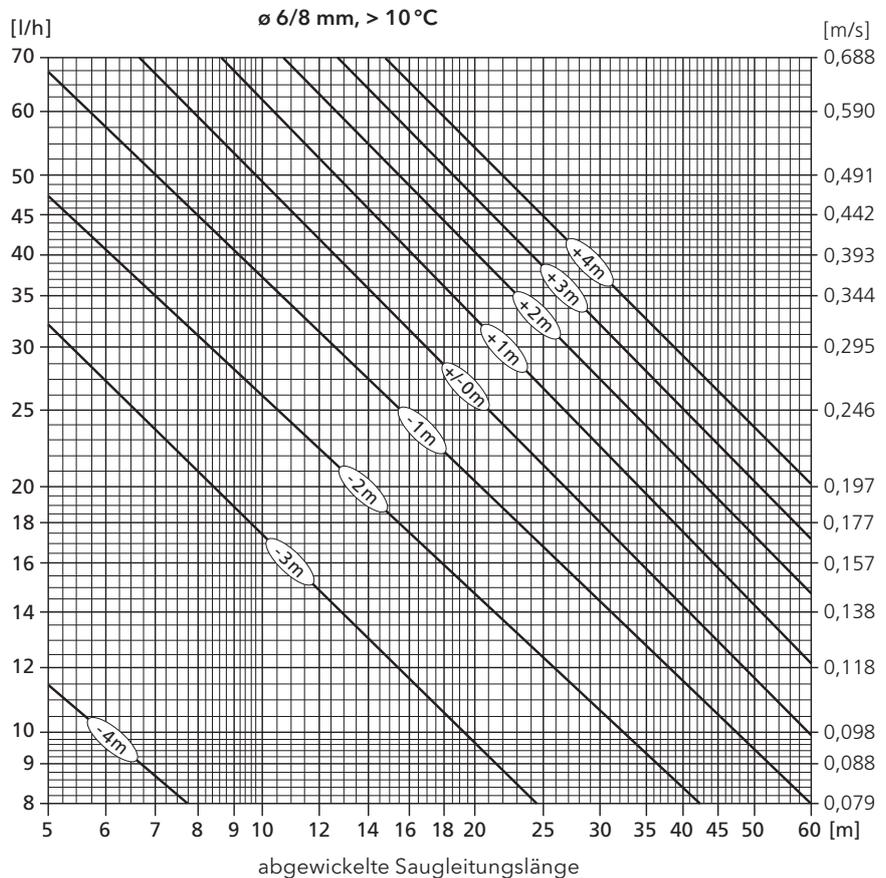
+ Zulaufhöhe

- Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.



Quelle: GKS

Ölleitungsdimensionierung: ø 8 / 10 mm

Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: 0-10°C

Anwendungsbereich: 25-130 l/h,
Leitungslänge max. 40 m

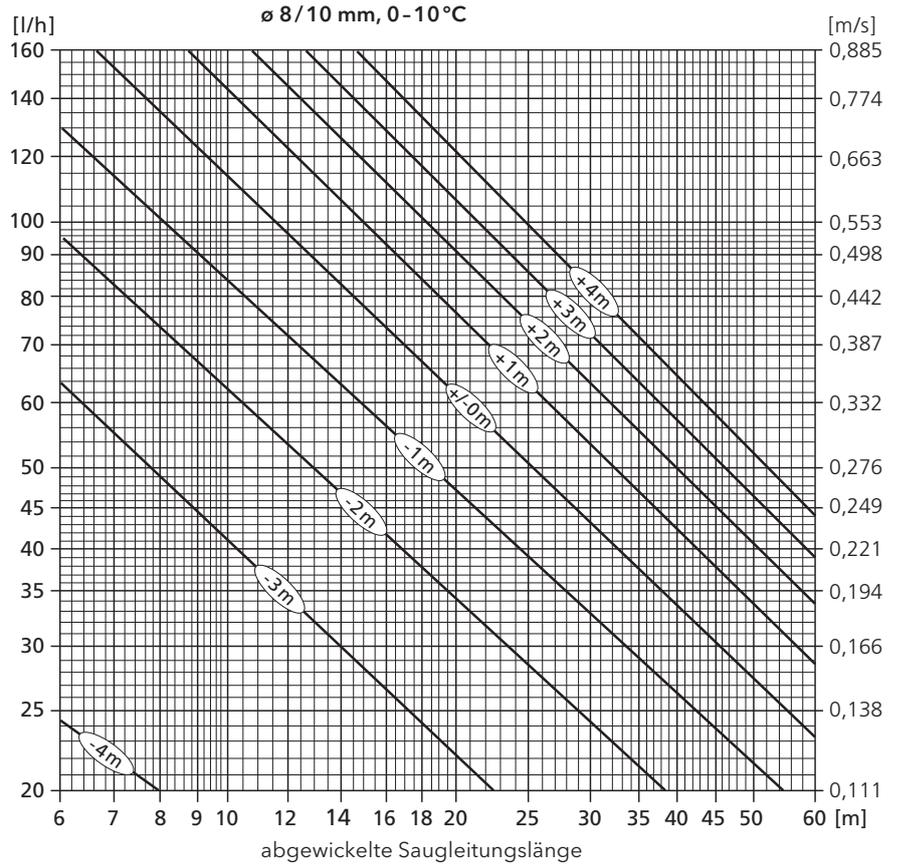
ø 8/10 [mm]

-  Zulaufhöhe
-  Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.



Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: > 10°C

Anwendungsbereich: 25-130 l/h,
Leitungslänge max. 40 m

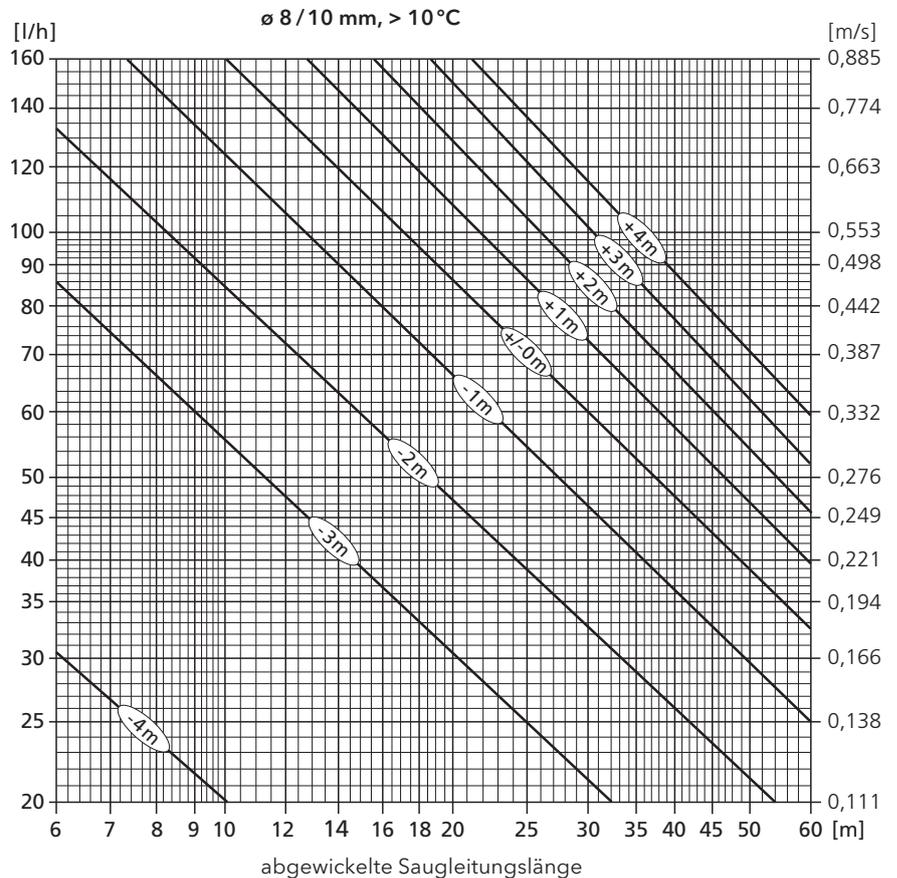
ø 8/10 [mm]

-  Zulaufhöhe
-  Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.



Quelle: GKS

Ölleitungsdimensionierung: \varnothing 10/12 mm

Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: 0-10°C

Anwendungsbereich: 90-170 l/h,
Leitungslänge max. 40 m

\varnothing 10/12 [mm]

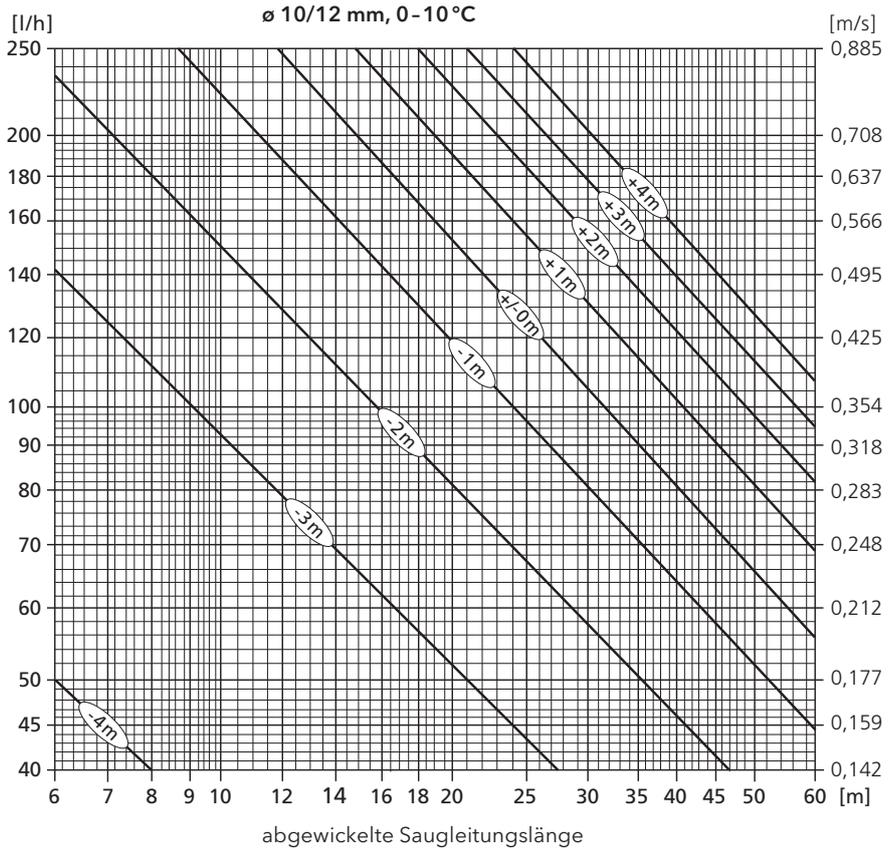
+ Zulaufhöhe

- Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.



Dimensionierungsdiagramm für Saugleitungen

Heizöl extra leicht, bis 700 Meter über Meer

Öltemperatur: > 10°C

Anwendungsbereich: 90-170 l/h,
Leitungslänge max. 40 m

\varnothing 10/12 [mm]

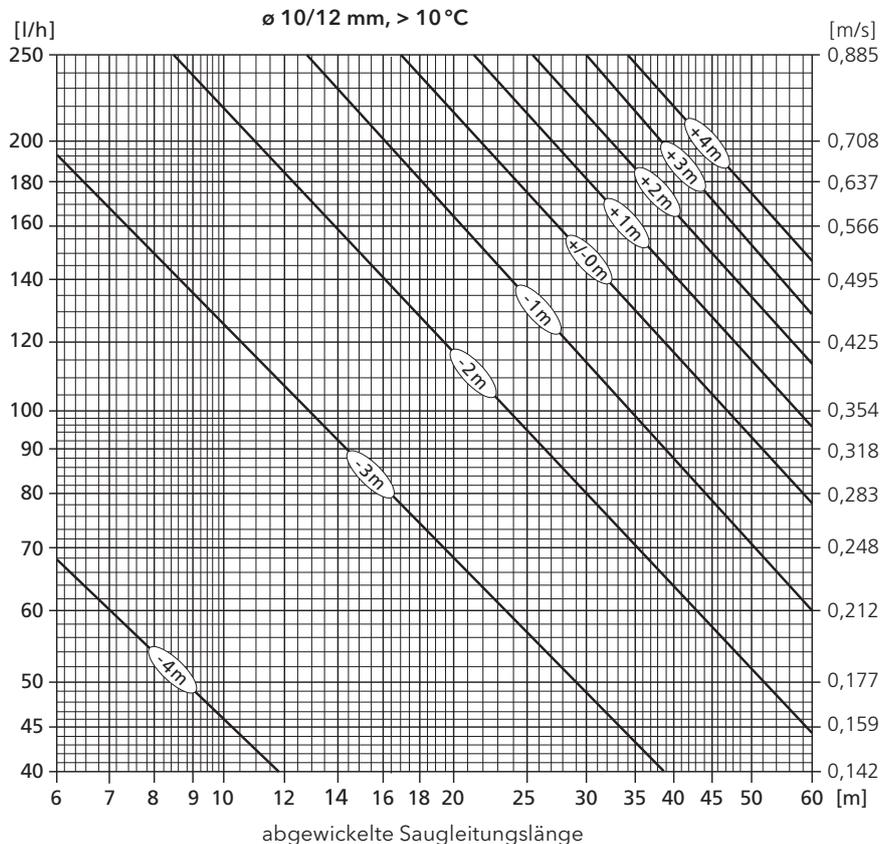
+ Zulaufhöhe

- Ansaughöhe

Im Diagramm sind eingerechnet: 1 Filter, 1 Rückschlagventil, 6 Bögen 90°, (40 mbar).

Hinweis:

Bei Meereshöhe über 700 Meter ist die Korrekturtabelle für Ansaughöhen zu berücksichtigen.



Quelle: GKS

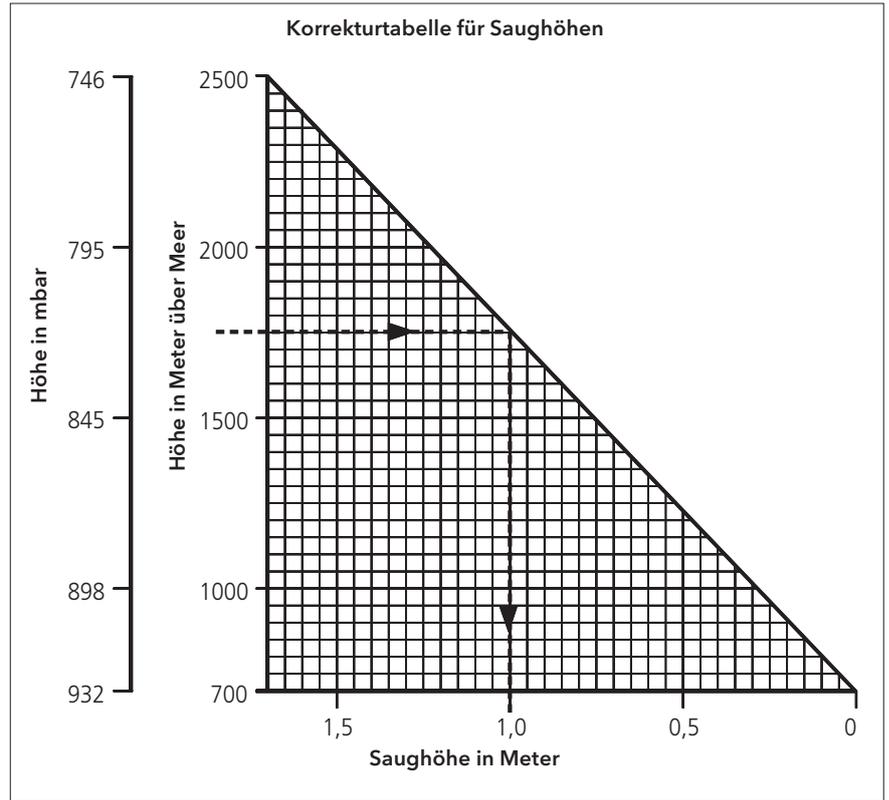
Ölleitungsdimensionierung: Einfluss von Höhenlagen über 700 m ü. M.

Infolge des geringeren atmosphärischen Drucks in Höhenlagen, reduziert sich entsprechend der Einsatzbereich der Pumpe auf der Saugseite.

Beispiel

Gegeben: Ein Brenner oder eine Förderpumpe wird in einer Höhenlage von 1750 m ü. M. montiert. Der Tankgrund liegt 2 m tiefer als die Brenner- oder Förderpumpe.

Lösung: 1750 m ü. M. ergibt eine Korrektur der Ansaughöhe von 1 m. Für die Bestimmung der maximalen Leitungslänge anhand der Leitungsdimensionierungsdiagramme ist dieser Wert mit der effektiven Ansaughöhe zu addieren, d.h. die maximale Leitungslänge ist bei -3 m abzulesen.

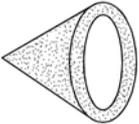
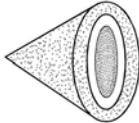
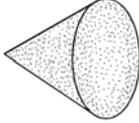


Öldüsen für Öldruckzerstäuber nach EN 293

In Tabelle 1 finden Sie die gängigsten Hersteller von Ölbrennerdüsen, die Sprühcharakteristik der Düsen und die jeweilige Bezeichnung der einzelnen Hersteller.

Bitte beachten Sie immer die jeweiligen Hinweise in der Montage-Bedienungsanleitung der Brenner.

Tabelle 1

Sprühbild	Sprühkegelform	Typenbezeichnung der einzelnen Hersteller				
		Danfoss	Delavan	Fluidics	Monarch	Steinen
	Hohlkegel	H HD HFD	A F = Zusatzfilter bis 1.0 US Gal	H/HF	PL	H
	Halbhohlkegel	B	W	---	PLP	---
	Vollkegel	S SD SFD SR	B F = Zusatzfilter bis 1.0 US Gal	S/SF SFN	R	S SS ST

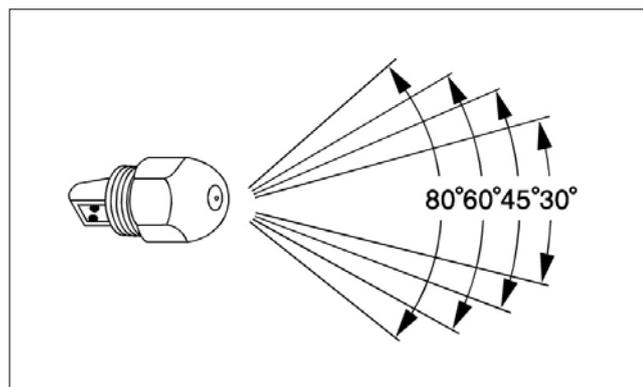
In Tabelle 2 finden Sie die Zerstäubungswinkel von Öldüsen.
Je nach Bauart der Brenner sollten die Zerstäubungswinkel wie folgt eingesetzt werden:

VECTRON BLUE, schadstoffarme Blaubrenner = Vollkegel, 60° oder 80°

VECTRON ECO, schadstoffarme Brenner = Hohlkegel, 45° oder 60°

VECTRON Standard - Gelbbrenner = Vollkegel, 45° oder 60°

Tabelle 2

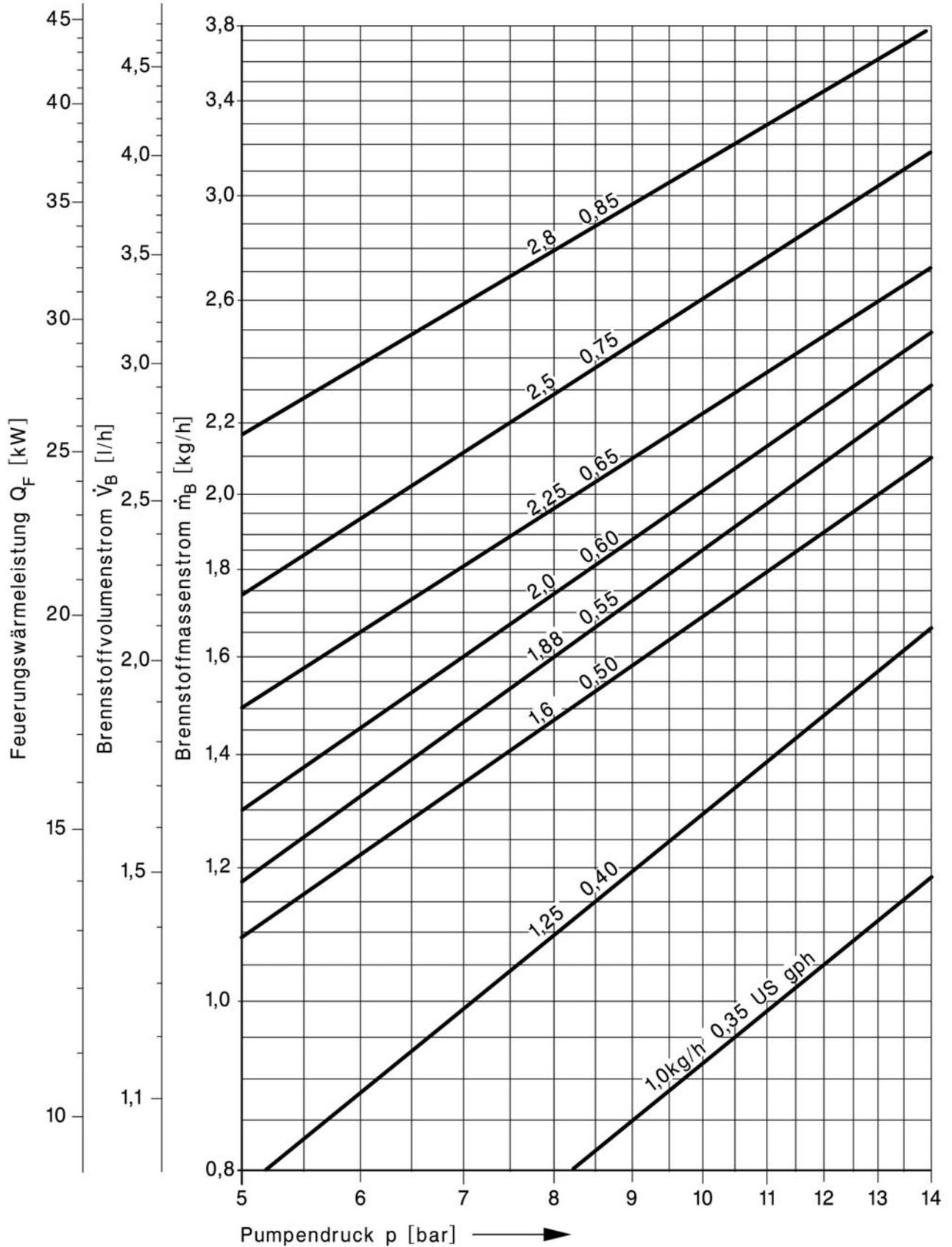


Bitte beachten Sie:

Zerstäubungswinkel von 30° werden nur bei speziellen Kesselkonstruktionen verwendet.

Bitte beachten Sie auch hier die Angaben der jeweiligen Hersteller.

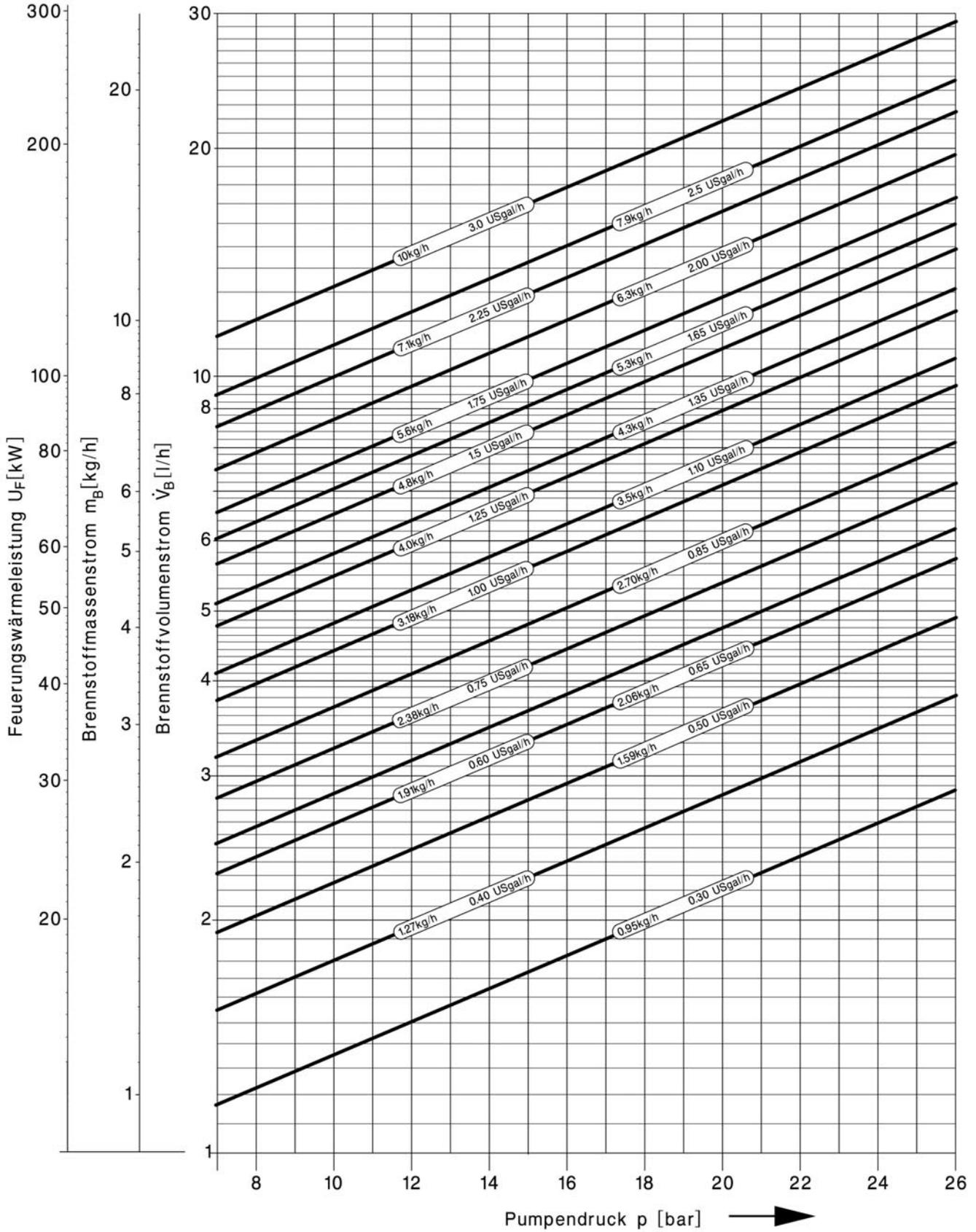
Düsenleistungsdiagramm für Brenner mit Ölvorwärmung



Technische Daten

- Dichte: 0,79 kg/dm³
- Öltemperatur: ca. 80°C
- Viskosität: 2,0 mm²/s (cSt)
- Medium: Heizöl EL nach DIN 51603

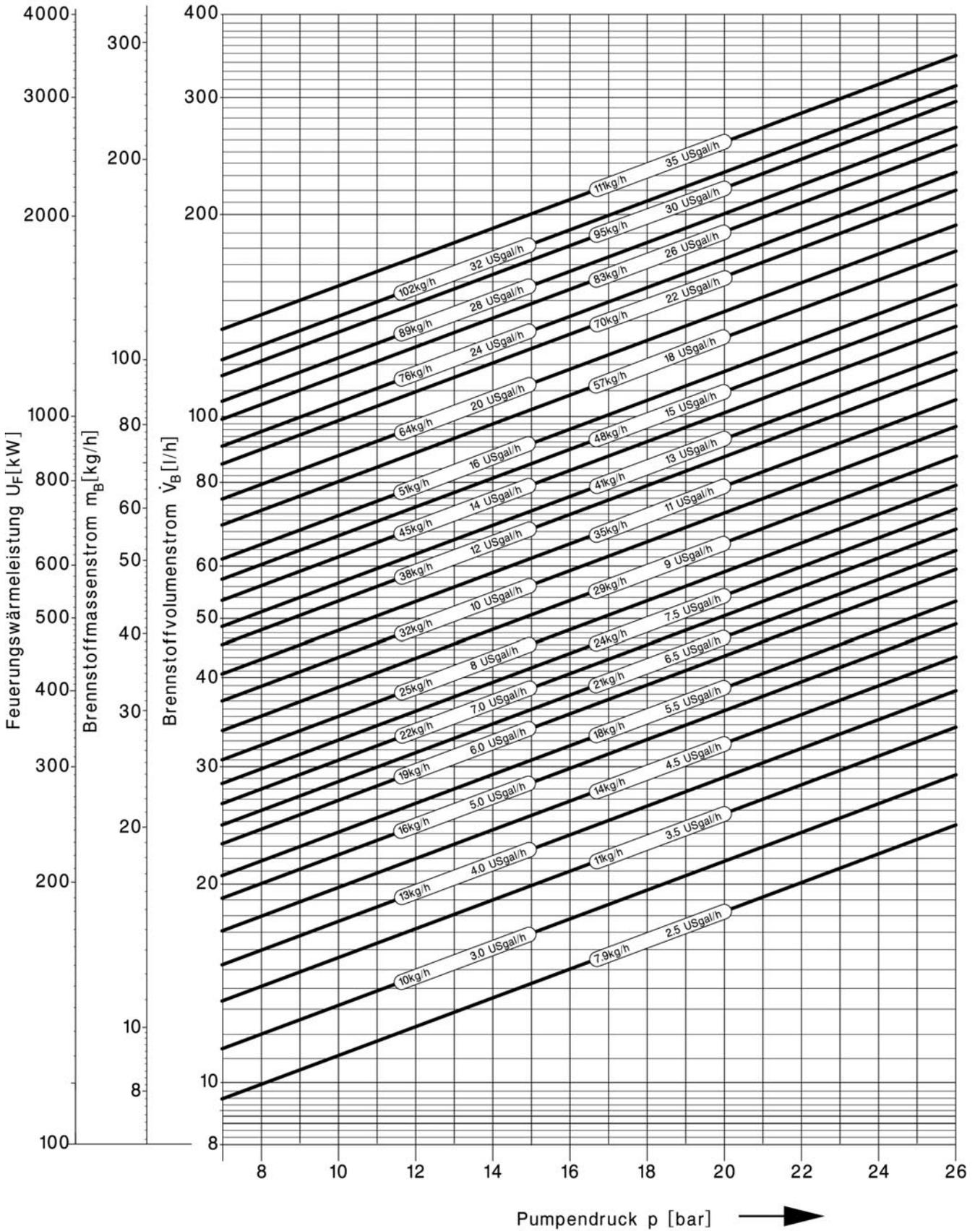
Düsenleistungsdiagramm bis 23 kg/h



Technische Daten

- Dichte: 0,84 kg/dm³
- Öltemperatur: ca. 20°C
- Viskosität: 4,8 mm²/s (cSt)
- Medium: Heizöl EL nach DIN 51603

Düsenleistungsdiagramm bis 280 kg/h



Technische Daten

- Dichte: 0,84 kg/dm³
- Öltemperatur: ca. 20°C
- Viskosität: 4,8 mm²/s (cSt)
- Medium: Heizöl EL nach DIN 51603

Emissionsgrenzwerte für Ölfeuerungen

Emissionsgrenzwerte nach der europäischen Verordnung (EU) Nr. 813/2013 für Heizkessel als Raumheizgeräte oder Kombiheizgeräte bei Einsatz flüssiger Brennstoffe, bezogen auf den oberen Heizwert.

Nennwärmeleistung (kW)	NO _x (mg/kWh)
≤ 400	≤ 120

Emissionsgrenzwerte nach 1.BImSchV für Ölfeuerungsanlagen zur Beheizung von Gebäuden oder Räumen mit Wasser als Wärmeträger, die nach dem 22. März 2010 errichtet wurden, bei Einsatz von Heizöl EL, bezogen auf den unteren Heizwert.

Nennwärmeleistung (kW)	NO _x (mg/kWh)
≤ 120	≤ 110
> 120 ≤ 400	≤ 120
> 400 ≤ 10.000	≤ 185

Emissionsklassen für NO_x und CO nach prEN 267:2016 (Ölbrennernorm)

Klasse	NO _x (mg/kWh)	CO (mg/kWh)
1 *	≤ 250	≤ 110
2 *	≤ 185	≤ 110
3 *	≤ 120	≤ 60
x (für industrielle Anwendungen) *	-	≤ 60
4 (für Nennwärmeleistung ≤ 400 kW) **	≤ 120	-

* bezogen auf den unteren Heizwert

** bezogen auf den oberen Heizwert

Verbrennungsdaten, Gas-Durchsatzbestimmung

Gesamtdruck $B_O + P_G$ in mbar¹⁾

	933	946	960	973	986	1000	1013,15	1026	1040	1053	1066	1080	1093	1106	1120	1133
Gas-temperatur t_G in °C	Umrechnungsfaktor „f“															
0	0,9210	0,9342	0,9473	0,9605	0,9736	0,9868	1,0000	1,0131	1,0263	1,0394	1,0526	1,0657	1,0789	1,0921	1,1052	1,1184
2	0,9143	0,9274	0,9404	0,9535	0,9665	0,9796	0,9927	1,0057	1,0188	1,0318	1,0449	1,0579	1,071	1,0841	1,0971	1,1102
4	0,9077	0,9207	0,9336	0,9466	0,9595	0,9725	0,9855	0,9984	1,0114	1,0243	1,0374	1,0503	1,0633	1,0763	1,0892	1,1022
6	0,9012	0,9141	0,9269	0,9398	0,9526	0,9655	0,9784	0,9913	1,0042	1,0170	1,0299	1,0427	1,0556	1,0686	1,0814	1,0943
8	0,8947	0,9076	0,9203	0,9331	0,9458	0,9587	0,9715	0,9842	0,9970	1,0098	1,0226	1,0353	1,0481	1,061	1,0737	1,0865
10	0,8884	0,9011	0,9138	0,9265	0,9391	0,9519	0,9646	0,9773	0,9900	1,0026	1,0153	1,028	1,0407	1,0534	1,0661	1,0788
12	0,8822	0,8948	0,9074	0,9200	0,9326	0,9452	0,9578	0,9704	0,9830	0,9956	1,0082	1,0208	1,0334	1,0461	1,0586	1,0713
14	0,8760	0,8886	0,9010	0,9136	0,9261	0,9386	0,9512	0,9636	0,9762	0,9886	1,0012	1,0137	1,0262	1,0388	1,0512	1,0638
16	0,8700	0,8824	0,8948	0,9073	0,9196	0,9321	0,9446	0,9570	0,9694	0,9818	0,9943	1,0066	1,0191	1,0316	1,044	1,0564
18	0,8640	0,8764	0,8887	0,9010	0,9133	0,9257	0,9381	0,9504	0,9628	0,9751	0,9874	0,9997	1,0121	1,0245	1,0368	1,0492
20	0,8581	0,8704	0,8826	0,8949	0,9071	0,9194	0,9317	0,9439	0,9562	0,9684	0,9807	0,9929	1,0052	1,0175	1,0297	1,042
22	0,8523	0,8645	0,8767	0,8888	0,9010	0,9132	0,9254	0,9376	0,9497	0,9619	0,9741	0,9863	0,9984	1,0106	1,0226	1,035
24	0,8466	0,8587	0,8708	0,8829	0,8950	0,9070	0,9191	0,9312	0,9433	0,9554	0,9675	0,9796	0,9917	1,0038	1,0159	1,028

1 mbar = 0,750 Torr = 10,20 mm WS; 1 Torr = 1,333 mbar = 13,6 mm WS; 1 mm WS = 0,0735 Torr = 0,0981 mbar
Ziffern in **Fettdruck** = unser Beispiel

Um die Belastung des Wärmeerzeugers (Kessel) richtig einstellen zu können, muss man den Gasdrucksatz vorher errechnen. Dazu haben wir ein Beispiel aufgeführt:

Beispiel:

Gegebene Werte:

Kesselleistung: Q_N : 2500 kW

Wirkungsgrad (angenommen): η = 88%

Erdgas L (unterer Heizwert): H_{u_n} = 9,0 kWh/m³

Gesuchte Werte:

1. Erforderliche Feuerungswärmeleistung in kW

2. Gasdrucksatz V_n in (m³/h)

V_n = Gasvolumen in Normzustand (0°C, 1013 mbar)

3. Gasdurchsatz V_B in (m³/h)

V_B = Gasvolumen in Betriebszustand

Da das Gasvolumen durch Druck (d. h. Barometerstand B_O und Gasdruck P_G) sowie Gastemperatur stark verändert wird, muss die Gasmenge auf den jeweiligen **Betriebszustand** umgerechnet werden.

1. Erforderliche Feuerungswärmeleistung (Q_F):

$$Q_F = \frac{Q_N}{\eta} = \frac{2500 \text{ kW}}{0,88} = 2840 \text{ kW}$$

2. Gasdurchsatz (V_n) in Normzustand:

$$V_n = \frac{Q_F}{H_{u_n}} = \frac{2840 \text{ kW}}{9,0 \text{ kWh/m}^3} = 316 \text{ m}^3/\text{h}$$

3. Gasvolumen im Betriebszustand (V_B):

Um das Gasvolumen von Norm- in Betriebszustand umrechnen zu können, sind noch folgende Daten erforderlich:

	unser Beispiel
B_O = Barometer in bar	966 mbar
P_G = Gasdruck am Gaszähler in mbar	100 mbar
t_G = Gastemp. am Gaszähler in °C	20 °C

$B_O + P_G = 966 + 100 = 1066$ mbar bei 20 °C Gastemperatur ergibt aus der Tabelle einen Umrechnungsfaktor: $f = 0,9807$

Um die richtige Belastung für das Beispiel zu bekommen, muss der errechnete Gasdurchsatz, durch den Umrechnungsfaktor dividiert werden.

Gasdurchsatz im Betriebszustand

$$V_B = \frac{V_n}{f_n} = \frac{316 \text{ m}^3/\text{h}}{0,9807} = 322 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bei anderen Gasdrücken und Gastemperaturen kann der Umrechnungsfaktor nach folgender Formel ermittelt werden:

$$f = \frac{B_O + P_G}{1013} \cdot \frac{273}{273 + t_G}$$

Stadt	Höhe über dem Meeresspiegel (m)	Mittlerer Barometerstand (mbar)
Emden	8	1013
Lübeck	20	1011
Berlin	49	1009
Frankfurt am Main	103	1004
Darmstadt	156	997
Aachen	205	991
Stuttgart	296	984
Nürnberg	309	980
Regensburg	343	976
Friedrichshafen	410	968
Ulm a. D.	479	960
Augsburg	500	957
München	526	955

Gasarmaturenmontage · Installationshinweis

Montage:

Vor der Montage sind die Armaturen und Verbindungsstücke auf Schmutzteile und Fremdkörper zu überprüfen.

Bei der Montage ist auf die richtige Reihenfolge, auf die Durchflussrichtung (Pfeil am Gehäuse) und einwandfreie Montageflucht der Gasarmaturkomponenten zu achten. Für Arbeiten am Kessel sollte eine leicht lösbare Trennstelle (flach dichtend) vorgesehen werden.

Die Armaturengruppe ist spannungsfrei (zum Beispiel unter Verwendung von Kompensatoren) zu montieren. Nach bzw. schon während der Montage ist die Armaturengruppe mit geeigneter Stütze abzustützen, z.B. am Filter und (oder) am Ventil.

Die Abdichtung der Anschlussstellen darf nur mit geprüften und zugelassenen Dichtungsmaterialien vorgenommen werden.

Der richtige Sitz ist zu prüfen.

Um gute Startbedingungen zu erreichen, ist der Abstand zwischen Brenner und Gasventil so gering wie möglich zu halten.

Dichtheitsprüfung:

Die Gasleitung darf nur von einem autorisierten Gas-Installationsunternehmen nach den gültigen Richtlinien installiert, auf Dichtheit geprüft, entlüftet und bestätigt werden.

Die Dichtheit der Verschraubungen bzw. Flanschverbindungen sind zu überprüfen. Die Dichtheitsprüfung der Verbindungsstellen ist unter Druck mit geprüften schaubildenden Mitteln, die keine Korrosion verursachen, durchzuführen. Bei Dampfkesselanlagen muss das Ergebnis der Dichtheitsprüfung bescheinigt werden.

Entlüftung:

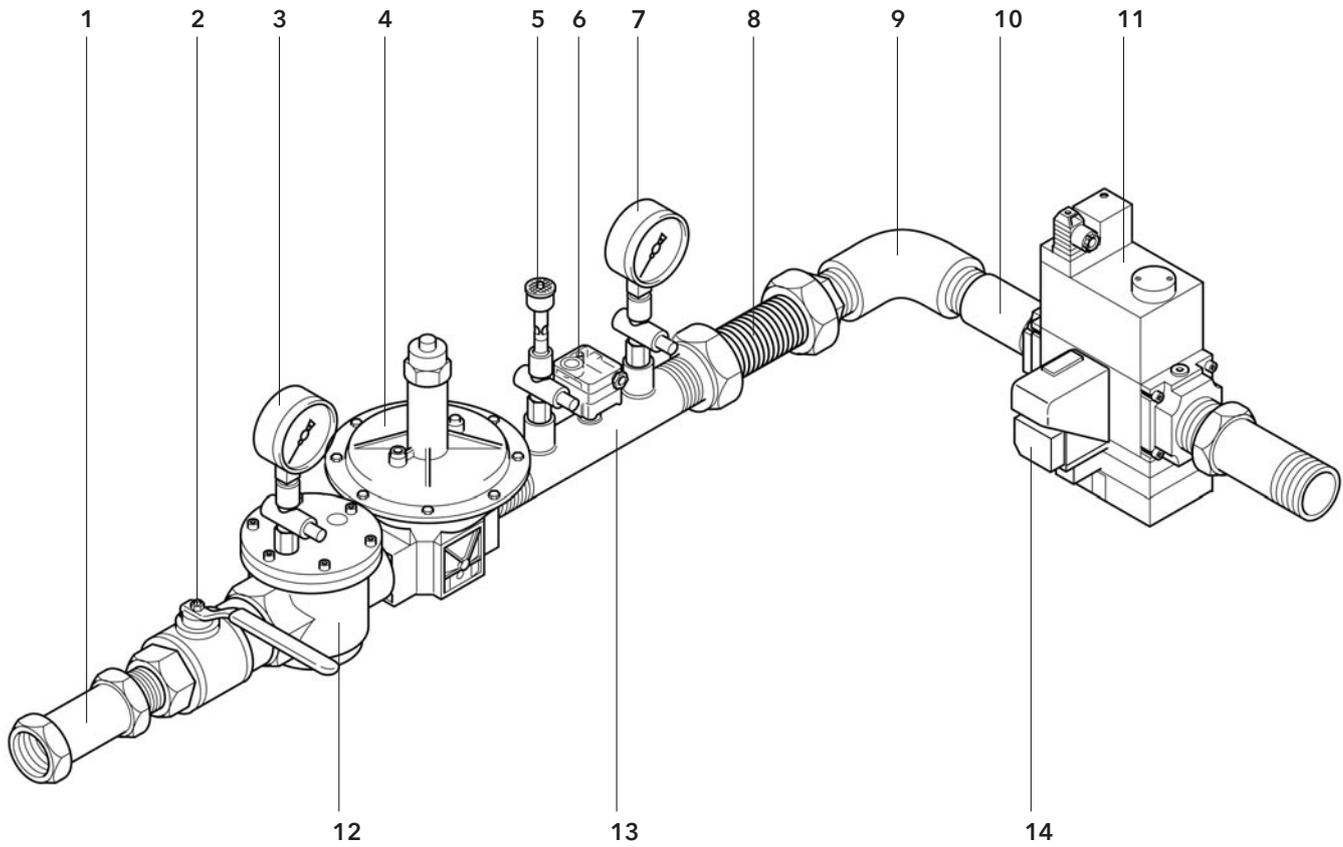
Vor Inbetriebnahme des Brenners oder nach Instandsetzungsarbeiten muss die komplette Gaszuleitung und die Gasarmaturengruppe ins Freie (mittels antistatischem Schlauch) gefahrlos entlüftet werden.

Die Gasleitung darf auf keinen Fall in den Heiz- oder Feuerraum entlüftet werden.

Mit dem Prüfbrenner kann das Vorhandensein eines brennbaren Gemisches festgestellt werden.

Gasarmaturenmontage

Montagebeispiel einer geschraubten Gasarmaturengruppe

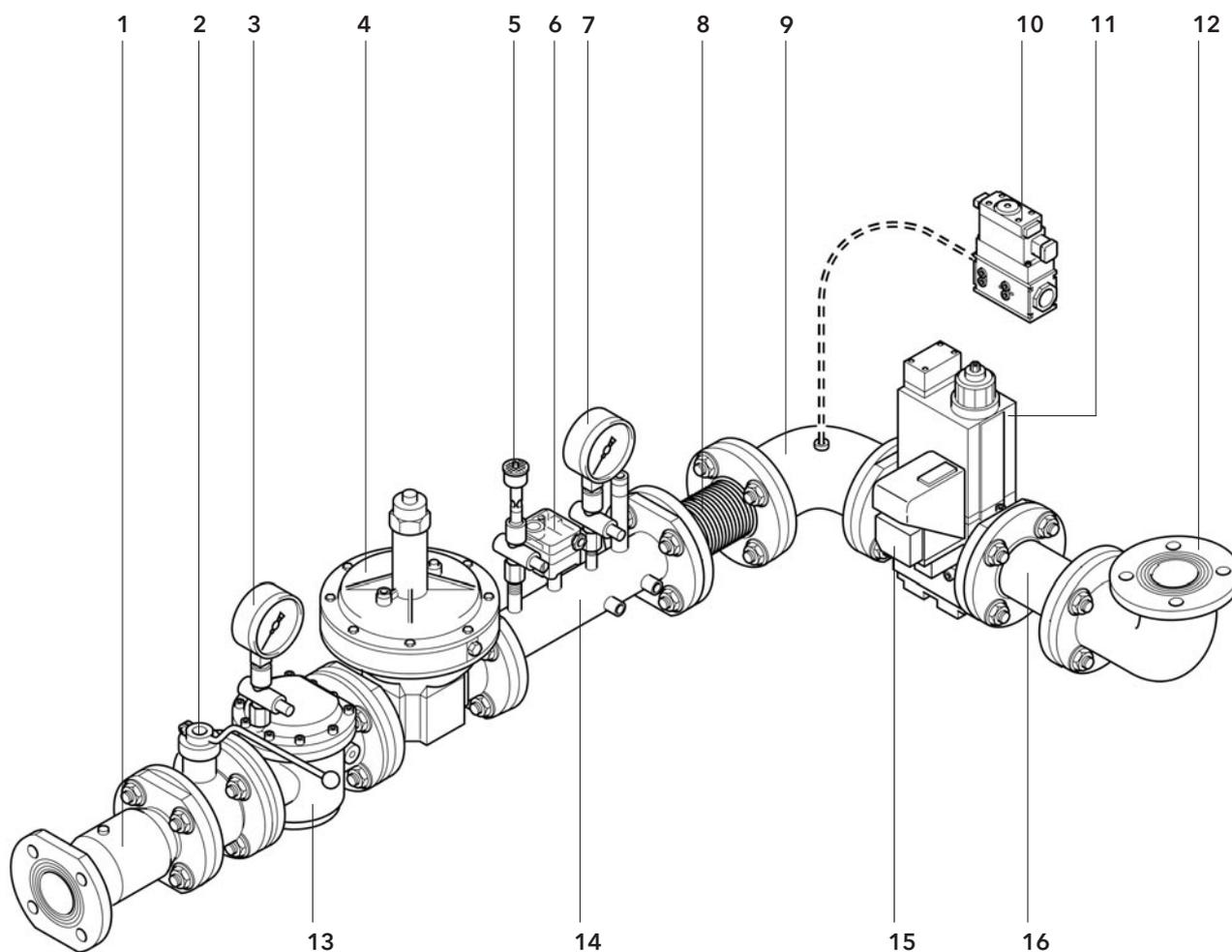


- 1 Thermisch auslösendes Sicherheitsventil
- 2 Gas-Kugelhahn
- 3 Manometer Eingangsdruck
- 4 Gasdruckregler
- 5 Prüfbrenner
- 6 Gasdruckwächter min.
- 7 Manometer Ausgangsdruck

- 8 Kompensator
- 9 Bogen
- 10 Zwischenstück
- 11 Doppelmagnetventil
- 12 Gasfilter
- 13 Zwischenstück zur Montage der Komponenten 5, 6, 7
- 14 Ventildichtekontrolle

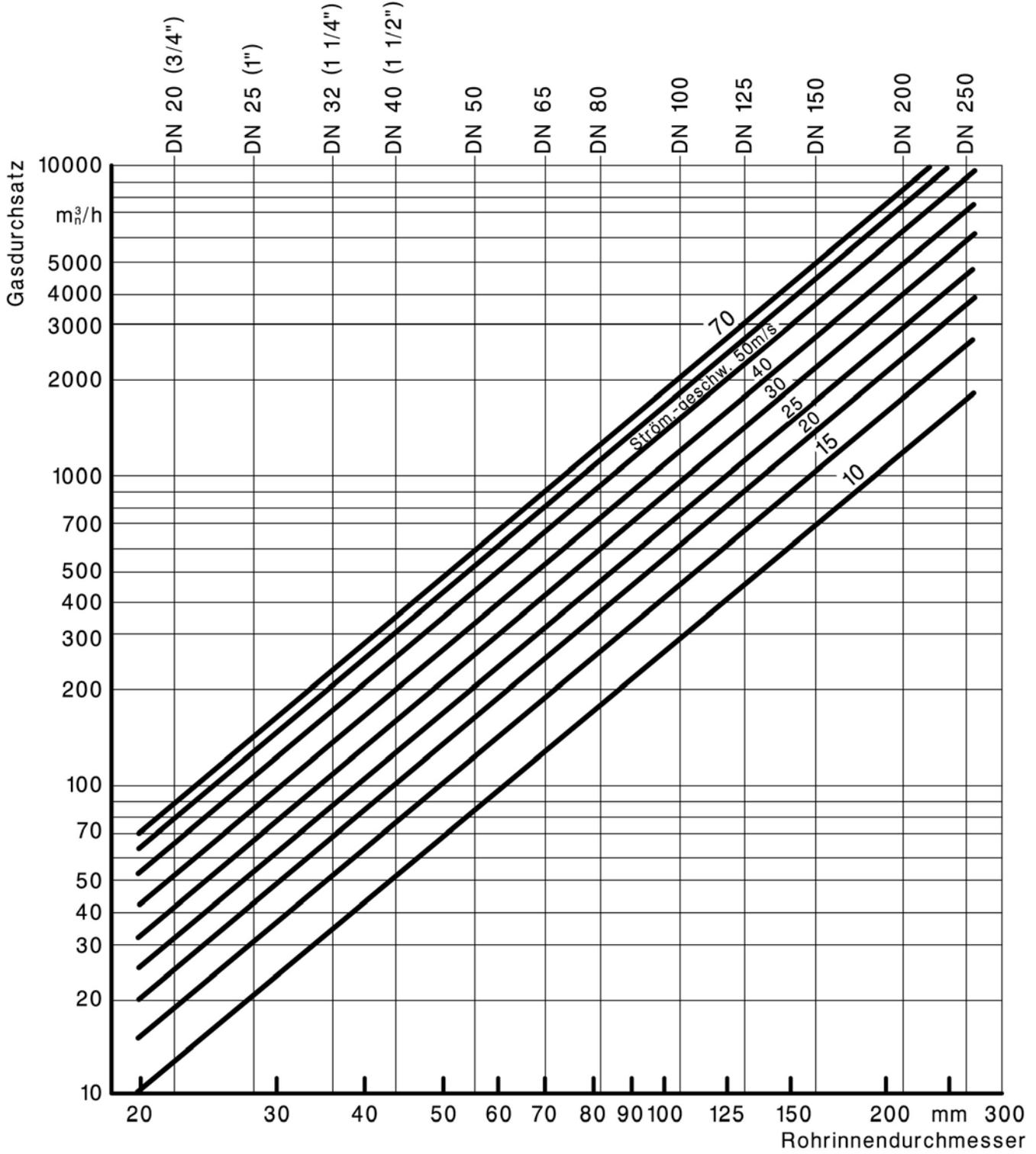
Gasarmaturenmontage

Montagebeispiel einer geflanschten Gasarmaturengruppe



- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | Thermisch auslösendes Sicherheitsventil | 9 | Bogen |
| 2 | Gas-Kugelhahn | 10 | Zündgasventil |
| 3 | Manometer Eingangsdruck | 11 | Doppelmagnetventil |
| 4 | Gasdruckregler | 12 | Anschlussbogen Brenner |
| 5 | Prüfbrenner | 13 | Gasfilter |
| 6 | Gasdruckwächter min. | 14 | Zwischenstück zur Montage der Komponenten 5, 6, 7 |
| 7 | Manometer Ausgangsdruck | 15 | Ventildichtheitskontrolle |
| 8 | Kompensator | 16 | Zwischenstück |

Strömungsgeschwindigkeit in Gasleitungen



Empfehlung: Die Strömungsgeschwindigkeit in der Gasarmaturenstrecke sollte 30 m/s nicht überschreiten.

Emissionsgrenzwerte für Gasfeuerungen

Emissionsgrenzwerte nach der europäischen Verordnung (EU) Nr. 813/2013 für Heizkessel als Raumheizgeräte oder Kombiheizgeräte bei Einsatz gasförmiger Brennstoffe, bezogen auf den oberen Heizwert.

Nennwärmeleistung (kW)	NO _x (mg/kWh)
≤ 400	≤ 56

Emissionsgrenzwerte nach 1.BImSchV für Gasfeuerungsanlagen zur Beheizung von Gebäuden oder Räumen mit Wasser als Wärmeträger, die nach dem 22. März 2010 errichtet wurden, bei Einsatz von Gasen der öffentlichen Gasversorgung, bezogen auf den unteren Heizwert.

Nennwärmeleistung (kW)	NO _x (mg/kWh)
≤ 120	≤ 60
> 120 ≤ 400	≤ 80
> 400 ≤ 10.000	≤ 120

Emissionsklassen für NO_x und CO nach prEN 267:2016 (Gasbrennernorm)

Klasse	NO _x (mg/kWh)		CO (mg/kWh)
	Erdgas (H - E - L)	Flüssiggas (P - B)	für alle Gasarten
1 *	≤ 170	≤ 236	≤ 100
2 *	≤ 120	≤ 180	≤ 100
3 *	≤ 80	≤ 140	≤ 100
4 *	≤ 60	≤ 110	≤ 100
5 **	≤ 56	-	-

* bezogen auf den unteren Heizwert

** bezogen auf den oberen Heizwert

Warmwasserbedarf

Der Warmwasserbedarf wird grundsätzlich durch den Anlageplaner berechnet. Beratend kann für den allgemeinen Wohnungsbau nachfolgendes einfaches Berechnungsverfahren verwendet werden.

Die Normalwohnung

Die Normalwohnung ist eine statistische Größe, die nach DIN 4708 folgendermaßen definiert ist:

Belegung: 4–5 Personen

Ausstattung: 1 Badewanne mit 150 Liter Wasser, Wärmebedarf

5,8 kW, Füllzeit 10 Min., dazu 1 Waschbecken und 1 Spültisch.

Für Gebäudewohnungen, die von dieser Normalwohnung abweichen, gibt es zur Umrechnung Korrekturwerte.

Für abweichende Ausstattung gelten folgende Zuschläge

Zuschläge „Z“	für eine Großraumwanne 200 Liter	z 1 = 0,40
	für eine zusätzliche normale Dusche	z 2 = 0,45
	für eine zusätzliche Luxusdusche	z 3 = 0,70

Sind mehrere dieser Zuschläge installiert, werden sie addiert.

Für abweichende Ausstattung gelten folgende Zuschläge

Abschläge „A“	für eine normale Dusche anstelle der Wanne	a 1 = 0,55
	für eine Luxusdusche anstelle der Wanne	a 2 = 0,30

Für abweichende Wohnungsgrößen gelten folgende Raumfaktoren

Wohnungsgröße 1 bis 4 Zimmer	Rf = 1,0
Wohnungsgröße 5 Zimmer	Rf = 1,2
Wohnungsgröße 6 Zimmer	Rf = 1,4
Wohnungsgröße 7 Zimmer	Rf = 1,6

Mit obigen Angaben können Gebäudewohnungen in Normalwohnungen umgerechnet werden.

Berechnungsbeispiel

Gebäudeleistung 120 kW

Mehrfamilienhaus mit 10 Wohnungen unterschiedlicher Größe und unterschiedlicher Ausstattung, mit je 1 Küche:

3 Wohnungen	1 Zimmer	ohne Badewanne mit normaler Dusche
3 Wohnungen	3 1/2 Zimmer	mit normaler Badewanne
3 Wohnungen	5 Zimmer	mit 1 Badewanne und 1 zusätzliche Dusche
1 Wohnung	6 Zimmer	mit 1 Großraum-Badewanne und 1 zusätzliche Luxusdusche

Umrechnung der Gebäudewohnungen in Normalwohnungen

Einteilen der Wohnungen in gleiche Gruppen und zuteilen des Raumfaktors

Gruppe	Anzahl Wohnungen	Größe, Ausstattung	Raumfaktor
a	3	1 Zimmer mit Dusche	1
b	3	3 1/2 Zimmer mit 1 normalen Bad	1
c	3	5 1/2 Zimmer mit 1 normalen Bad und 1 Dusche	1,2
d	1	6 Zimmer mit 1 Großraumbad und 1 Luxusdusche	1,4
e			

Berechnungsbeispiel

Umrechnen nach folgender Tabelle

Wohnungsgruppe		a	b	c	d	e
Normalwohnung, statistisch N1	N1	1	1	1	1	
Zuschlag für Großraumwanne	+ z1				0,4	
Zuschlag für zusätzliche getrennte Dusche	+ z2			0,45		
Zuschlag für zusätzliche Luxusdusche	+ z3				0,7	
Abschlag, für normale Dusche anstelle der Wanne	- a1	-0,55				
Abschlag, nur Luxusdusche anstelle der Wanne	- a2					
Total (Senkrechte Summe) $N1 + z1 + z2 + z3 - a1 - a2$	Taz	0,45	1	1,45	2,1	
Raumfaktor (nach unten multiplizieren)	Rf	1	1	1,2	1,4	
Umgewandelte Normalwohnung ($N = Taz \times Rf$)	N	0,45	1	1,74	2,94	
Anzahl Gebäudewohnungen (nach unten multiplizieren)	W	3	3	3	1	
Total Gebäudewohnungen pro Gruppe ($Tn = N \times W$)	Tn	1,35	3	5,22	2,94	
Summe aller Gebäudewohnungen (Summe Tn)	Ng				12,51	
Aufgerundet Normalwohnungen	ca. N =				13	

Ermitteln des Warmwasserbedarfes

Nach Diagramm oder Tabelle für „N“ = 13

Spitzenleistung
Dauerleistung
Nennleistung

ca. 520 l/10 Min.
ca. 1200 l/h
ca. 48 kW

Ermitteln des Wassererwärmers

Gewählter Wassererwärmer VISTRON 400

Spitzenleistung
Dauerleistung
Nennleistung

ca. 650 l/10 Min.
ca. 1270 l/h
ca. 52 kW

Ermitteln der notwendigen Kesselleistung

Kesselleistung ohne Zuschlag

$Q_k = \text{Gebäudeheizleistung}$
 $Q_k = 120 \text{ kW}$

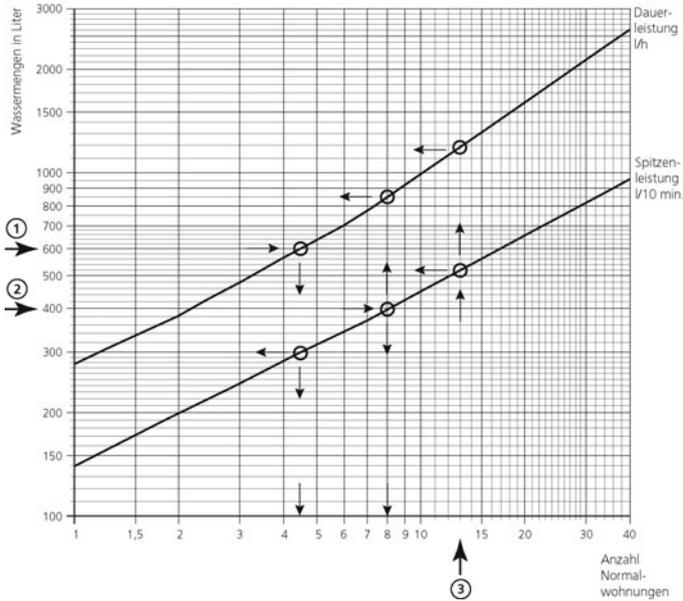
Kesselleistung mit Zuschlag

$Q_k = 85 \% \text{ Gebäudeheizleistung} + \text{benötigte Dauerleistung}$
 $Q_k = 0,85 \times 120 \text{ kW} + 48 \text{ kW}$
 $Q_k = 150 \text{ kW}$

Bedarfskurve

Der Verbrauch von warmem Wasser im Wohnungsbau ist im Diagramm und der Tabelle aufgeführt. Diagramm und Tabelle sind ausgelegt für „Normalwohnungen“. Eine Normalwohnung ist eine statistische Größe. Der Warmwasserbedarf dieser Normalwohnungen wird angegeben als Dauerleistung in l/h und als Spitzenleistung in l/10 Min. Warmwassertemperatur 45 °C.

Warmwasserbedarfskurve (Warmwassertemperatur 45 °C) bezogen auf Normalwohnungen „N“



Bedarfstabelle Kesselzuschlag

Warmwasser-Bedarfstabelle bezogen auf Normalwohnungen „N“

Anzahl Normalwohnung „N“	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Spitzenleistung									
l/10 Min. à 45 °C	143	207	250	286	322	350	380	407	436
l/10 Min. à 60 °C	100	145	175	200	225	245	265	285	305
Dauerleistung									
l/h à 45 °C	286	386	472	558	643	715	786	858	929
l/h à 60 °C	200	270	330	390	450	500	550	600	650
kW	12	16	19	23	26	29	32	36	38
Durchschnittsverbrauch									
l/Tag à 45 °C	343	572	772	958	1200	1429	1672	1915	2143
l/Tag à 60 °C	240	400	540	670	840	1000	1170	1340	1500

Anzahl Normalwohnung „N“	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
Spitzenleistung										
l/10 Min. à 45 °C	457	507	550	593	636	679	765	843	915	979
l/10 Min. à 60 °C	325	355	385	415	445	475	535	590	640	685
Dauerleistung										
l/h à 45 °C	1000	1129	1258	1372	1486	1600	1886	2143	2400	2629
l/h à 60 °C	700	790	880	960	1040	1120	1320	1500	1680	1840
kW	41	46	51	56	60	65	76	87	98	107
Durchschnittsverbrauch										
l/Tag à 45 °C	2386	2857	3329	3815	4286	4772	5957	7143	8343	9543
l/Tag à 60 °C	1670	2000	2330	2670	3000	3340	4170	5000	5840	6680

Zuschläge zur Heizkesselleistung

Bei Anlagen, die sowohl für Heizung als auch für Warmwasser eingesetzt werden, sind je nach System Zuschläge auf die Kesselleistung erforderlich.

Diese Zuschläge werden, wie auch die Berechnung des Warmwasserbedarfs durch den Anlageplaner durchgeführt (Schweiz: siehe SIA 384/1).

Als Richtwert kann gelten:

Kesselleistung Q_k (kW) = 85 %

Gebäudeheizleistung (kW) + benötigte Dauerleistung des Speichers (kW)

Auslegung der Gefäßgröße nach der Wärmeleistung

Ansprechdruck des Sicherheitsventils 3,0 bar. Maximaler Betriebsüberdruck $P_e = 2,5$ bar, gem. DIN 3320. Die angegebenen Werte sind für eine Vorlauftemperatur von 90 °C ausgelegt.

Wasservorlage gemäß DIN 4807 Teil 2

Bei Gefäßen bis 12 Liter: 20 % des Gefäß-Nennvolumens.
 Bei Gefäßen ab 18 Liter: 0,5 % - 1 % des Anlagenvolumens mit einem Minimum von 3,0 Liter. Anlagendruck 3,0 bar.

Gefäßgröße in Liter	Stickstoff Fülldruck in bar Überdruck	Wärmeleistung der Anlage in kW					
		Statistische Höhe mWs	Konvektoren 5,2 l/kW	Plattenheizkörper 8,2 l/kW	Gussradiatoren 12 l/kW	Stahlradiatoren 15 l/kW	Fußbodenheizung 18,5 l/kW
2/0,5	0,5	5	4	2,4	1,7	1,4	1,1
4/0,5	0,5	5	8,1	4,8	3,5	2,8	2,3
8/0,5	0,5	5	16,1	9,6	7	5,6	4,5
12/0,5	0,5	5	24,2	14,4	10,5	8,4	6,8
18/0,5	0,5	5	39,4	23,6	17,1	13,7	11,1
25/0,5	0,5	5	61,2	36,6	26,5	21,2	17,2
36/0,5	0,5	5	92,1	55,1	39,9	31,9	25,9
50/0,5	0,5	5	136	81	58,8	47	38,1
80/0,5	0,5	5	217	130	94,1	75,3	61
110/0,5	0,5	5	298	178	129	103	83,9
12/1,0	1,0	10	14,9	8,9	6,4	5,2	4,2
18/1,0	1,0	10	25,6	15,3	11,1	8,9	7,2
25/1,0	1,0	10	41,7	24,9	18,1	14,5	11,7
35/1,0	1,0	10	65	38,9	28,2	22,5	18,3
50/1,0	1,0	10	99,8	59,7	43,3	34,6	28,1
80/1,0	1,0	10	163	97,4	70,6	56,5	45,8
110/1,0	1,0	10	224	134	97	77,6	62,9
25/1,5	1,5	15	22,5	13,4	9,8	7,8	6,3
35/1,5	1,5	15	37,9	22,6	16,4	13,1	10,6
50/1,5	1,5	15	61,2	36,6	26,5	21,2	17,2
80/1,5	1,5	15	108	64,3	46,6	37,3	30,2
110/1,5	1,5	15	149	89,2	64,7	51,7	41,9

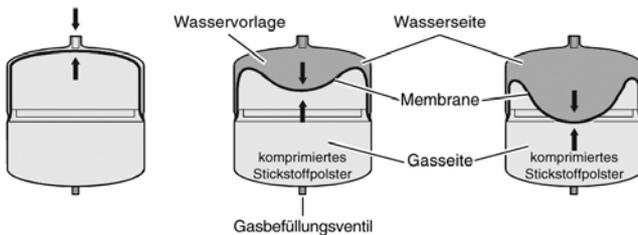
Berechnungsbeispiel:

Die Heizkörperleistung einer Heizungsanlage beträgt 18 kW. Es werden nur Plattenheizkörper eingesetzt. Die statische Höhe des Gebäudes beträgt 15 m. Der Ansprechdruck des Sicherheitsventils beträgt 3,0 bar.

Nach der Tabelle wurde ein Druckexpansionsgefäß der Größe 35/1,5 gewählt.

Bei anlagenspezifischen Abweichungen (z.B. Pufferspeicher) bzw. anderen Voraussetzungen ist die Gefäßauslegung mit einem Berechnungsprogramm (z.B. von ZILMET oder Peumatex) durchzuführen.

Aufbau und Funktion von Druckexpansionsgefäßen



Ein geschlossenes Membranausdehnungsgefäß ist auszulegen auf

- Das Ausdehnungsvolumen des Anlagenwasserinhaltes
- Den Vordruck auf der Stickstoffseite des Gefäßes
- Die Wasservorlage im Gefäß
- Den Anlagenüberdruck

Jedes MAG muss für die Anlage individuell eingestellt werden. Außerdem ist es nach neuesten Erkenntnissen erforderlich, die korrekte Einhaltung der festgelegten Daten während der Betriebszeit regelmäßig zu kontrollieren und gegebenenfalls zu korrigieren. Wenn auf Grund falschen Vordrucks zu kleiner Gefäßgröße oder zu geringer Wasservorlage die bei der Nachtabsenkung auftretende Volumenkontraktion nicht aus dem Gefäß nachgespeist werden kann, kommt es zu Unterdrücken in der Anlage, was zu einem Eindringen von Luft über alle möglichen Verbindungselemente führen kann (Dichtelemente sind druckdichtend!).

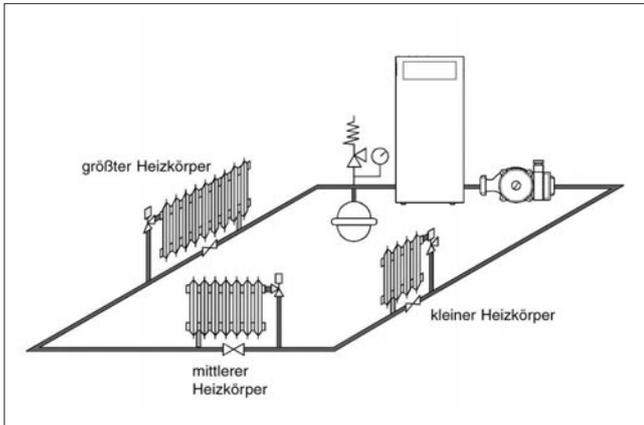
Bitte beachten Sie:

Druckexpansionsgefäße müssen jährlich auf ihre Funktion geprüft werden. Es wird daher der Einbau einer geeigneten Anschlusskupplung, die eine einfache Überprüfung des Vordrucks im Gefäß ermöglicht, empfohlen.

Grundlagen zur Hydraulik von Warmwasserheizungen

Einrohrsystem

Einrohrheizungen sind Heizsysteme, bei denen die Heizkörper an einem Rohr hintereinander geschaltet sind und Vor- und Rücklauf des Heizkörpers in der gleichen Verteilung angeschlossen sind.



Vorteile:

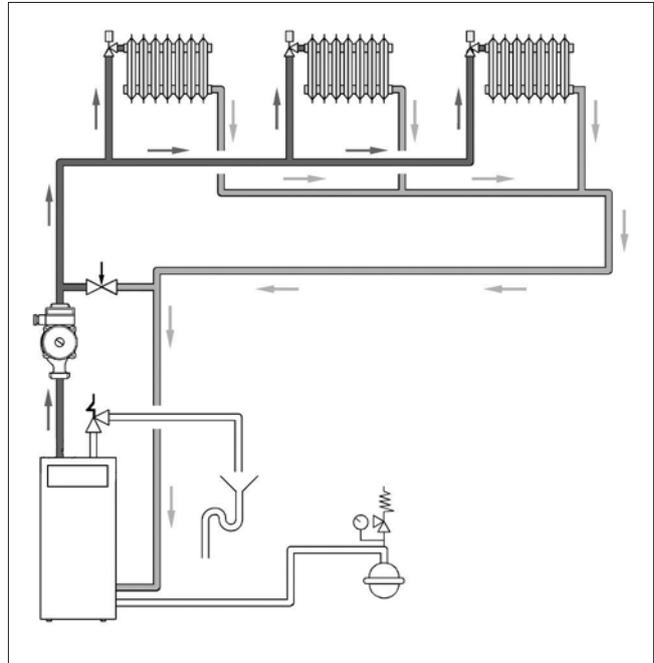
- Einfache Rohrmontage
- Platzersparnis
- Günstig bei Altbauwohnungen

Nachteile:

- Genaue Berechnung erforderlich
- Heizkörper am Strangende werden größer

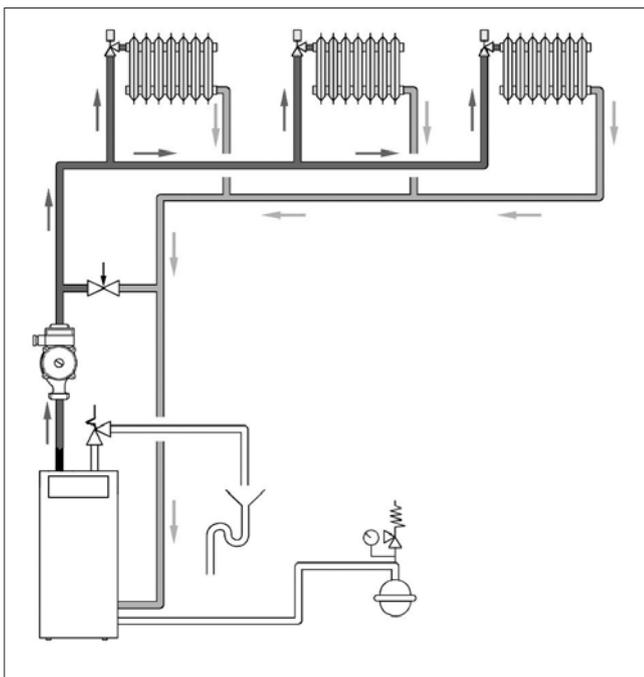
Tichelmann-System

Tichelmann hat als erster ein Rohrnetz gebaut, bei dem an jeder Stelle der Verteilung gleicher Differenzdruck herrscht. Vor- und Rücklauf werden so verlegt, dass die Rohrlängen und die Einzelwiderstände gleich groß sind. Damit bekommt jeder Strang bzw. Heizkörper denselben Differenzdruck.



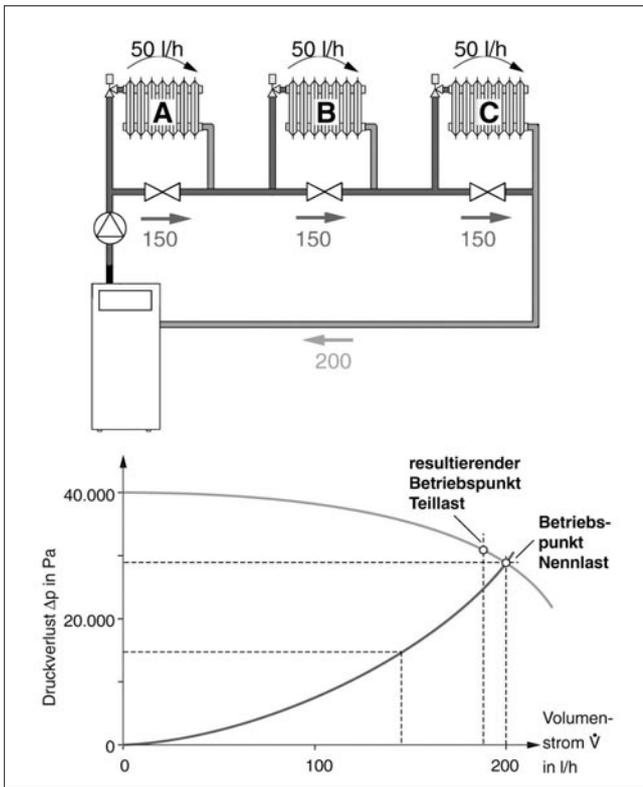
Zweirohrsystem

Beim Zweirohrsystem wird jeder Heizkörper mit dem Vorlauf und dem Rücklauf verbunden.

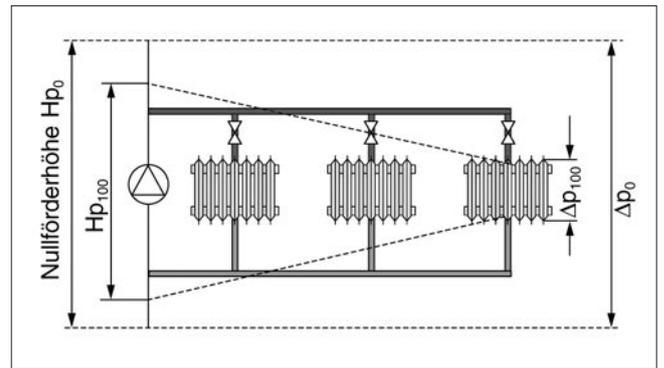


Volumenänderung und Druckverteilung im Netz

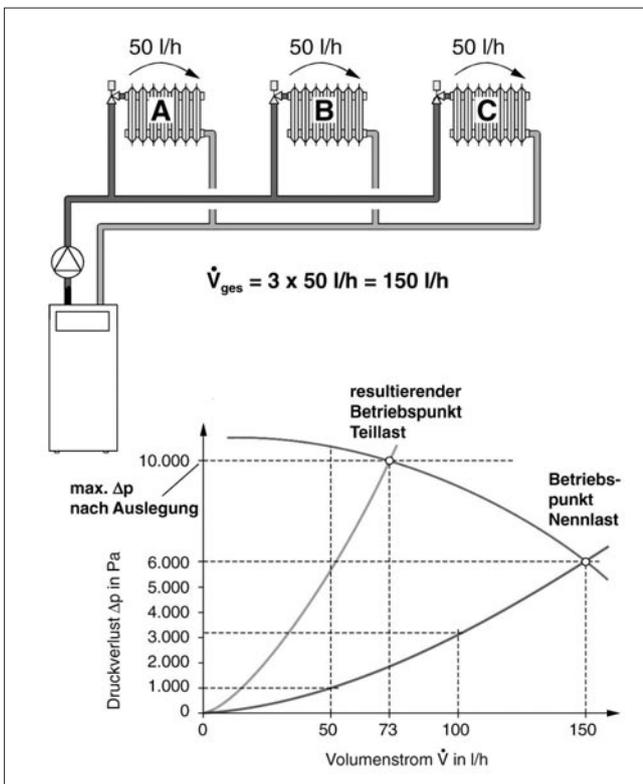
Einrohrheizung



Druckverteilung im Rohrleitungsnetz

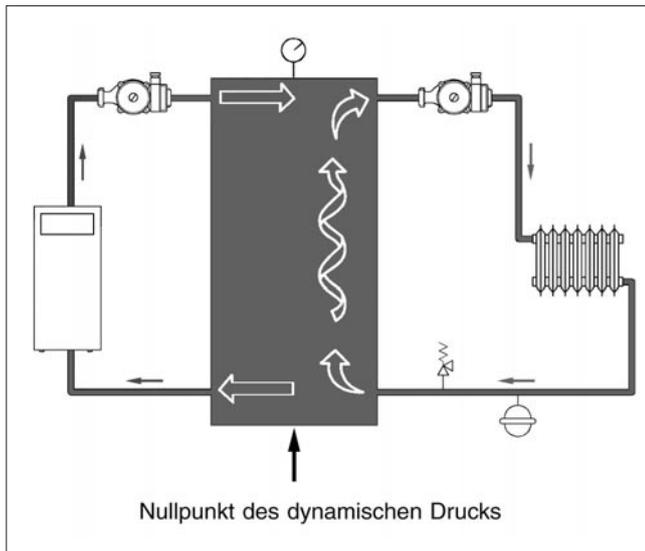


Zweirohrheizung



Hydraulische Weiche

Prinzipieller Aufbau, Funktion und Vorteile

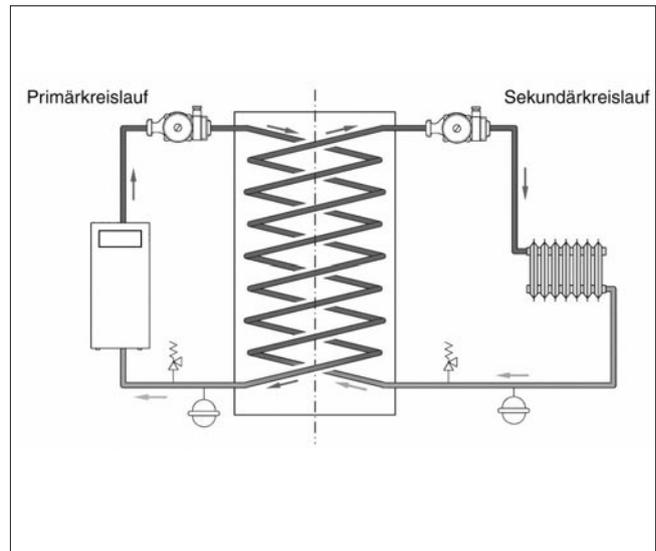


Vorteile:

- Keine Trennung des Wärmeträgermediums
- Hydraulische Entkoppelung bei unterschiedlichen Volumenströmen
- Kesselkreis verfügt immer über eine konstante Durchflussmenge

Systemtrennung

Prinzipieller Aufbau, Funktion und Vorteile



Aufbau:

Zwei mechanisch vollständig getrennte Kammern. Wärmeres Medium der Primärseite überträgt die Wärmeenergie über das Metallgehäuse an das Medium im Sekundärkreislauf.

Die Übertragungsleistung ist abhängig von:

- Wärmeträgermedium
- Temperaturniveau
- Fließgeschwindigkeit
- Übertragungsleistung

Die größte Übertragungsleistung ist nur gegeben, wenn die Fließrichtung primär und sekundär gegenläufig ist.

Vorteil:

Absolute Hydraulische Trennung Medium Kesselkreis und Heizkreis.

Wichtig bei Fußbodenheizung mit nicht diffusionsdichten Leitungen, Solaranlagen und Fernheizungsanlagen.

Wichtige Formeln der Heizungstechnik für die Planungs- und Ausführungskontrolle

Grundformel zur Bestimmung der Wärmemenge:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

- Q = Wärmemenge in [kJ]
- m = Wassermenge in [Ltr.]
- c = spez. Wärmekapazität von Wasser (4,2 [kJ/kg x K])
- Δt = Delta t = Temperaturdifferenz in [K] (z.B. VL-RL)

Formel zur Bestimmung des Fördervolumens:

$$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}$$

- Q = Wärmemenge in [kJ]
- m = Wassermenge in [Ltr.]
- c = spez. Wärmekapazität von Wasser (4,2 [kJ/kg x K])
- Δt = Delta t = Temperaturdifferenz in [K] (z.B. VL-RL)

Formel zur Bestimmung der Heizleistung

$$Q_p = \frac{Q}{s}$$

- Q_p = Heizleistung in [kW]
- Q = Wärmemenge in [kJ]
- s = Zeit in Sekunden (im allg. 3600 [sek] oder 1 [h])

Formel zur Bestimmung der Aufheizzeit

$$s = \frac{Q}{Q_p}$$

- Q_p = Heizleistung in [kW]
- Q = Wärmemenge in [kJ]
- s = Zeit in Sekunden (im allg. 3600 [sek] oder 1 [h])

Formel zur Berechnung der Mischwassertemperatur

$$m_1 = m_2 \cdot \frac{\vartheta_2 - \vartheta_M}{\vartheta_M - \vartheta_1} \qquad m_2 = m_1 \cdot \frac{\vartheta_M - \vartheta_1}{\vartheta_2 - \vartheta_M}$$

$$\vartheta_M = \frac{m_1 \cdot \vartheta_1 + m_2 \cdot \vartheta_2}{m_M}$$

- m_M = Mischwassermasse in kg
- ϑ_M = Mischungstemperatur in °C
- m₁ = Kaltwassermasse in kg
- ϑ₁ = Kaltwassertemperatur in °C
- m₂ = Warmwassermasse in kg
- ϑ₂ = Warmwassertemperatur in °C

Formel zur Berechnung des Ausdehnungsvolumens in Warmwasserheizungen

$$\Delta V = n \cdot V_A$$

- ΔV = Ausdehnungsvolumen in Liter
- n = Ausdehnungsfaktor
- V_A = Wasservolumen der Anlage in Liter

Tabelle 1

Ausdehnungsfaktoren n für Wasserheizung bei 10 °C Fülltemperatur	
max. Vorlauftemperatur in °C	n
40	0,0075
50	0,0117
60	0,0167
70	0,0224
80	0,0286
90	0,0355
100	0,0431
110	0,0511
120	0,0599

Anforderungen an die Wasserqualität in Heizungsanlagen und Maßnahmen

Einleitung

Das installierende Heizungsunternehmen ist für die Wasserqualität verantwortlich. Durch die Abnahme der Heizung geht die Verantwortung auf den Eigentümer über.

Die Lebensdauer von Wärmetauschern moderner Brennwertkessel wird vom Umlaufwasser mit beeinflusst. Daher muss man wissen, welche Merkmale das bereits im System befindliche Umlaufwasser und das Füllwasser haben und ggf. die richtigen Maßnahmen einleiten. Zu hohe Wasserhärte oder Korrosionsprodukte können sich in den Wärmetauschern absetzen, weil dort die höchsten Temperaturen anstehen. Dadurch wird bei Wärmetauschern der Wärmeübergang schnell verschlechtert, was dazu führen kann, dass es bereits nach Wochen zum Sieden des Wassers kommt. Dann sind aufwändige und teure Maßnahmen wie das Spülen der Anlage oder sogar der Austausch des Wärmetauschers nötig.

Eine Ursache für Korrosion ist das eingesetzte Material. Heizungsanlagen enthalten in der Regel Rohre aus Stahl, der nicht rostfrei ist oder andere Materialien, die korrodieren können. Dazu kommen Korrosionsrisiken durch Mischinstallationen. Korrosion kann zu Leckagen im System führen; häufiger ist aber das Absetzen von Korrosionsprodukten im Wärmetauscher. Dies vor allem deshalb, weil der Wärmetauscher der heißeste und oft auch der tiefste Punkt der Anlage ist.

Den korrosiven Einfluss von Mikroorganismen im Wasser berücksichtigen wir hier nicht, da dieser uns erfahrungsgemäß wenig Probleme bringt und eine Prüfung mit Bewertung heute auch noch nicht möglich ist.

In Deutschland sind die Anforderungen an Umlaufwasser sowie Füll- und Ergänzungswasser in der VDI 2035 festgelegt. Die wesentlichen Anforderungen sind hier kurz und vereinfacht zusammengefasst. Voraussetzung für die Gewährleistung ist die Einhaltung dieser Vorschrift und ggf. darüber hinaus gehende Anforderungen in der Betriebsanleitung des Produktes.

Wasserhärte

Mit der Wasserhärte wird der Anteil der Härtebildner (oder Belagsbildner), vor allem Calcium und Magnesium beschrieben. Diese Stoffe lagern sich bei höheren Temperaturen an den Leitungen und den Kesseln ab.

Anforderungen an Füll- und Ergänzungswasser sowie das Heizwasser nach VDI 2035-1 von 2021

Gesamtheizleistung	Summe Erdalkalien in mol/m ³ (Gesamthärte in °dH) Spezifisches Anlagenvolumen in l/kW Heizleistung		
	≤ 20	> 20 bis ≤ 40	> 40
≤ 50 kW*	-	≤ 3,0 (16,8)	< 0,05 (0,3)
> 50 kW bis ≤ 200 kW	≤ 2,0 (11,2)	≤ 1,0 (5,6)	< 0,05 (0,3)
> 200 kW bis ≤ 600 kW	≤ 1,5 (8,4)	< 0,05 (0,3)	< 0,05 (0,3)
> 600 kW	< 0,05 (0,3)	< 0,05 (0,3)	< 0,05 (0,3)

* bei Anlagen mit weniger als 0,3l/kW spezifischer Wasserinhalt Wärmeezeuger schränkt die Richtlinie weiter ein.

Dies gilt nur für den Fall, dass das spezifische Anlagenvolumen unter 20l/kW Heizleistung liegt, ansonsten ist das Wasser zu behandeln. Wir empfehlen bei spezifischen Anlagenvolumen über 20 l/KW eine vollständige Entsalzung.

Sauerstoffgehalt, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit

Korrosion wird wasserseitig durch den enthaltenen Sauerstoff und die elektrische Leitfähigkeit des Wassers bedingt. Je geringer Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit, desto weniger Korrosionspotential liegt vor. Die Leitfähigkeit entsteht durch die Härtebildner aber auch durch andere Stoffe wie Chlorid, Sulfat oder Nitrit, die keine Ablagerungen bilden, aber teilweise sogar bei Edelstahl zu Korrosion führen können. Also ist eine geringe Härte noch nicht ausreichend für eine geringe Leitfähigkeit.

Die VDI 2035 unterscheidet zwischen salzarmem und salzhaltigen Betrieb. Die Unterscheidung wird aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit getroffen.

		Salzarm	Salzhaltig
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	< 100	100-1500
Aussehen		klar, frei von sedimentierten Stoffen	
pH-Wert		8,2 -10*	
Sauerstoff	mg/l	< 0,1	< 0,02

* Betriebsanleitung beachten; bei Aluminiumwerkstoffen ist der pH-Wert je nach Legierung eingeschränkt.

Der Sauerstoffgehalt von Trinkwasser (Füll- und Ergänzungswasser) liegt typischerweise bei 8 bis 11 mg/l also weit über den Vorgaben der Richtlinie. Daher ist die Menge an Ergänzungswasser so gering wie möglich zu halten. Der Sauerstoffgehalt reduziert sich durch die Korrosion. Der pH-Wert stellt meist kein Problem für die Befüllung dar, ändert sich aber mit den chemischen Reaktionen im System. Die VDI 2035 empfiehlt, ein Anlagenbuch zu führen, in dem alle Einsätze an der Anlage sowie die Füllung und eventuelle Nachfüllmengen dokumentiert werden.

Typische Sauerstoffkonzentrationen im Umlaufwasser liegen zwischen 0,02 mg/l (Heizsystem aus geschweißtem und/oder gehanftem Stahl) und 0,1 mg/l (Kühlsystem aus verzinktem C-Stahl mit Pressverbindern). Man kann den Sauerstoffgehalt im System praktisch nicht messen, da dieser nur für den Bereich der Messstelle gültig ist. Außerdem verändert sich der Sauerstoffgehalt durch Nachspeisen. Daher ist die salzarme Betriebsweise von Vorteil; sie toleriert einen etwas höheren Sauerstoffanteil. Die Leitfähigkeit sollte bei salzarmen Betriebsweise unter 100 µS/cm liegen oder dahin gebracht werden. Eine Leitfähigkeit von über 1000 µS/cm ist auf jeden Fall kritisch und führt zur Korrosion und damit zu Ablagerungen in Wärmetauschern und möglichen Korrosionsschäden in der Heizungsanlage.

Wasseraufbereitung

Falls bei neuen Anlagen das Füll- und Ergänzungswasser nicht innerhalb der Grenzen der VDI 2035 liegt, sollte das Wasser behandelt werden.

Enthärten: nicht empfohlen, weil die Leitfähigkeit hoch bleibt und der pH-Wert im Laufe der Zeit nach oben geht. Die Härtebildner werden hier durch Natrium aus Kochsalz ersetzt.

Inhibitoren zusetzen: möglich, aber nicht empfohlen. Auch wenn hier die Leitfähigkeit bleibt oder erhöht wird, kann ein Korrosionsschutz erfolgen. Aber das Umlaufwasser muss bei Inhibitoren regelmäßig überprüft und im Anlagenbuch dokumentiert werden. Inhibitoren begünstigen auch die Entstehung von Biofilmen. Sie stellen möglicherweise auch ein Risiko für eingesetzte Dichtungen dar.

Entsalzen oder demineralisieren: Empfohlen. Wenn das Füllwasser bei der Füllung mit entsprechenden Entsalzungspatronen aufbereitet wird, sind die potentiellen Probleme von der Wasserseite gelöst. Leitfähigkeit und Härte können in die Vorgaben der Norm gebracht werden. Siehe Preisbuchkapitel Zubehör.

Bei Anlagen mit Sauerstoffeintrag z.B. Fußbodenheizungen mit nicht diffusionsdichten Rohren ist unbedingt eine Systemtrennung erforderlich.

Oft findet man in bestehenden Heizungsanlagen sedimentierte Stoffe wie Magnetit, das sich in den Wärmetauschern absetzen würden. Zwar kann man Magnetfilter einsetzen, aber sie können nicht verhindern, dass sich anfangs Magnetit im Wärmetauscher absetzt. Wenn das vorhandene Wasser sich nicht aufbereiten lässt und eine vollständige Spülung des Systems nicht machbar ist, empfehlen wir ebenfalls eine Systemtrennung.

Begriffe von A - Z

Absorber

Der Absorber ist der Teil des Sonnenkollektors, der die einfallende Solarstrahlung absorbiert, sie in thermische Energie umwandelt und der Solarflüssigkeit zuführt. Damit dieser Umwandlungsprozess optimal verläuft, ist der Absorber selektiv beschichtet (hohe Absorption, geringe Emission) und mit einem Rohrsystem versehen (Abtransport der Wärme), das von der Solarflüssigkeit (Cooler Solar) durchflossen wird.

Absorptionsgrad α

Der Absorptionsgrad α gibt den Anteil der auf eine Absorberfläche treffenden Strahlung an, der in Wärme umgewandelt wird.

Anlagennutzungsgrad

Der Anlagennutzungsgrad ist der Anlagewirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der von der Solarflüssigkeit in den Speicher eingetragenen Wärme zu der auf die Kollektorfläche eingestrahlenen Sonnenenergie, gemittelt über einen bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr).

Aperturfläche

Sie ist bei Flachkollektoren die Fläche der Kollektorabdeckung, durch die Sonnenstrahlen in das Innere des Kollektorgehäuses eintreten können (Lichteintrittsfläche). Bei Röhrenkollektoren ist die Aperturfläche das Produkt aus Länge und Innendurchmesser des Glasrohres und der Anzahl der Röhren.

(Membran-) Ausdehnungsgefäß (MAG)

Zu den Sicherheitseinrichtungen einer solaren Warmwasserbereitungsanlage zählt das Ausdehnungsgefäß, ein geschlossener Behälter mit einem durch eine Membran abgetrennten Stickstoffpolster. Es nimmt die beim Aufheizen auftretende Volumenausdehnung der Solarflüssigkeit sowie im Stillstandsfall den Flüssigkeitsinhalt des Kollektorfeldes auf.

Azimut α

Der Azimut gibt die Winkelabweichung der Senkrechten einer Kollektorfläche zur Südrichtung an. In der Solartechnik ist der Azimutwinkel definitionsgemäß für Süden $\alpha = 0^\circ$, die Abweichung nach Westen wird positiv, nach Osten negativ gerechnet.

Bestrahlungsstärke

Bezeichnet den auf die Fläche bezogenen Strahlungsfluss. Einheit ist W/m^2 .

Bruttowärmeertrag Q_{BWE}

Der Bruttowärmeertrag Q_{BWE} eines Solar Kollektors in $kWh/(m^2 \cdot a)$ entspricht der Wärmeabgabe am Kollektorvorlauf bzw. am Eingang des Speichers, wobei die Leitungsverluste mit eingerechnet werden. Bruttowärmeerträge verschiedener Sonnenkollektoren sind nur dann vergleichbar, wenn gleiche Temperaturverhältnisse (mittlere Absorbertemperatur und Umgebungstemperatur) und gleiche Einstrahlungsbedingungen herrschen. Außerdem

ist anzugeben, ob er sich auf die Absorber-, Apertur- oder Bruttofläche des Kollektors bezieht.

Bypass

Bei langen Rohrleitungen im Solarkreis empfiehlt sich der Einbau einer Kurzschlussstrecke zur Umgehung des Wärmetauschers. Im Kurzschlussbetrieb wird das Medium zunächst im Kollektorkreis erwärmt und der Weg zum Wärmetauscher über ein motorbetriebenes Dreiwegeventil erst dann freigegeben, wenn die Solarflüssigkeit kurz vor dem Wärmetauscher eine höhere Temperatur als der Speicher hat.

Diffusstrahlung

An Wolken und Dunstteilchen gestreuter Strahlungsanteil der \rightarrow Globalstrahlung, auch Himmelstrahlung genannt. Der Anteil der Diffus- an der Globalstrahlung beträgt in Deutschland im Mittel 50 %.

Eigensicherheit

Solaranlagen sind „eigensicher“ auszuführen: Anhaltende Wärmeaufnahme ohne Wärmeaufnahme, ohne Wärmeverbrauch darf nicht zu einem Störfall führen, dessen Behebung über den üblichen Bedienungsaufwand hinausgeht. Ein erheblicher Aufwand liegt z. B. dann vor, wenn aus dem Sicherheitsventil Solarflüssigkeit abgeblasen wird und der Solarkreis vor erneuter Inbetriebnahme zuerst wieder aufgefüllt werden muss. Eigensicherheit kann durch eine geeignete Dimensionierung aller Sicherheitseinrichtungen im Solarkreis erreicht werden.

Emissionsgrad ϵ

Er gibt an, wie viel von der auf den Absorber eingestrahlenen Sonnenenergie (Wellenlänge 0,3 - 3,0 μm) in Form von Infrarotstrahlung (Wellenlänge 3,0 - 30 μm) wieder abgestrahlt wird. Ein Emissionsgrad von $\epsilon = 0,12$ besagt, dass 12 % der in Wärme umgewandelten Sonnenenergie wieder abgestrahlt werden.

Energie

Ist die Fähigkeit eines materiellen Zustands, eine äußere Wirkung hervorzurufen, die in verschiedenen Formen auftreten kann: Als elektrische Energie, mechanische Arbeit oder Wärmeenergie. Energie wird in unterschiedlichen Einheiten angegeben, z. B. als Wattstunde (Wh), Kilowattstunde (kWh) oder Joule (J). Ein Joule ist eine Wattsekunde (Ws). $1 kWh = 1.000 Wh = 3.600.000 J$.

Entlüfter

Luft im Solarkreis sammelt sich an den höchstgelegenen Stellen und unterbricht möglicherweise den Flüssigkeitsumlauf. Zur Entlüftung werden an den kritischen Stellen (Hochpunkte) des Solarkreises Entlüftungsventile installiert. Es gibt Hand- und Automatikentlüfter. Entlüfter müssen glykol-, korrosions- und temperaturbe-

ständig bis 150 °C sein.

Getter

Zur Aufrechterhaltung des Vakuums werden sogenannte Getter in die Vakuumröhren integriert. Dabei kann es sich entweder um eine auf das Glas aufgedampfte Bariumsulfidschicht handeln oder es sind am Absorber befestigte Kupferkissen, gefüllt mit einem speziellen Granulat. In beiden Fällen wird hierdurch erreicht, dass Gasmoleküle absorbiert werden und das Vakuum auf lange Zeit stabil bleibt. Im Falle der Bariumsulfid-Getter wird dieser Prozess sichtbar durch eine Veränderung der Schicht (die spiegelnde Oberfläche wird pulverig-weiß).

Globalstrahlung G

Die Lufthülle verringert die Strahlungsleistung der Sonne durch Absorption und Streuung (= Extinktion). Die Sonnenstrahlen erfahren dadurch eine Richtungsablenkung und erreichen als diffuse Strahlung die Erdoberfläche. Ist die Sonne nicht durch Wolken bedeckt, können Sonnenstrahlen auf direktem Weg auftreffen. Als Globalstrahlung bezeichnet man die gesamte auf eine horizontale Fläche auftreffende Strahlung. Sie setzt sich also aus der direkten und der diffusen Strahlung zusammen. Bei klarem Himmel besteht die Globalstrahlung fast nur aus direkter, bei bewölktem Himmel ausschließlich aus diffuser Strahlung. Die diffuse Strahlung beträgt im Jahresmittel zwischen 50 und 60 % der Globalstrahlung. Sie kann ebenfalls wärmetechnisch genutzt werden.

Heatpipe

Ist eine Vakuumröhre, bei der die Wärme des Absorbers über ein geschlossenes Rohr aus der Glasröhre herausgeführt und über eine nasse oder trockene Anbindung an das Wärmeträgermedium abgegeben wird. Die Wärmeübertragung erfolgt über das Verdampfen (durch Unterdruck vorbereitetes ab 25 °C) und anschließende Kondensierung (durch Kontakt mit der kühlen Wärmeträgerflüssigkeit) des in den Rohr enthaltenen Wassers.

Hysterese

Ist der Unterschied zwischen der Einschalt- und Ausschalttemperaturdifferenz in einer Regeleinheit, z. B. dem Temperaturdifferenzregler.

Inhibitor

Werden im Solarkreis unterschiedliche metallische Werkstoffe eingesetzt, so besteht die Gefahr der elektrochemischen Korrosion. Sie lässt sich durch Zusatz geeigneter Korrosionsschutzmittel (Inhibitoren) zur Solarflüssigkeit beheben. In geschlossenen Anlagen, deren Solarflüssigkeit Inhibitoren enthält, dürfen alle zugelassenen metallischen Werkstoffe in jeder Kombination eingesetzt werden. Über die Eignung der Inhibitoren muss

Begriffe von A - Z

ein Nachweis vorliegen, der Angaben über die Wirkungsdauer enthält.

Kollektor

Die einfachste Form des Kollektors ist der Schwimmbadabsorber. Um die Wärmeverluste bei höheren Arbeitstemperaturen des Wärmeträgermediums im Absorber so gering wie möglich zu halten, sind die Absorber zur Warmwasserbereitung in ein Gehäuse oder in eine evakuierte Glasröhre eingebettet, mit hochlichtdurchlässigem Glas abgedeckt und rundherum wärmeisoliert. Bei einem verglasten Kollektor wird zwischen der Absorberfläche, der Aperturfläche und der Bruttofläche unterschieden.

Kollektorwirkungsgrad η

Der Kollektorwirkungsgrad gibt den Anteil der auf die Absorberfläche auftreffenden Strahlung an, der in nutzbare Wärme umgewandelt wird. Er ist abhängig vom Temperaturunterschied zwischen Absorber und Umgebung sowie von der Stärke der Globalstrahlung. Stellt man den Kollektorwirkungsgrad in einem Diagramm über den Temperaturunterschied zwischen Absorber und Umgebung dar, so ergeben sich in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke die Kollektorkennlinien eines bestimmten Kollektors.

Kompensator

Zwischenstück aus wellenförmigem Rohr. Der Kompensator soll die temperaturbedingten Längenänderungen ausgleichen, um Risse und Leckagen im Solarkreis zu vermeiden.

Leistung

Ist die in einer bestimmten Zeit verbrauchte oder zur Verfügung gestellte Energie. Ihre Einheit ist Watt (W), Kilowatt (kW) oder Kilokalorie pro Stunde (kcal/h).
 $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W} = 1.000 \text{ J/s} = 860 \text{ kcal/h}$
 Beispiel zur Errechnung der Leistung:
 Wenn ein Heizkessel im Laufe eines Jahres in 1.500 Betriebsstunden Wärme bereitstellt und dabei 30.000 kWh erzeugt, wird er mit einer mittleren Leistung von 20 kW betrieben.

Low-Flow-Betrieb

Bedeutet stark verringerten Durchfluss im Kollektorkreis (Volumenstrom 10 -15 l / (m² · h)) mit stärkerer Erwärmung des Wärmeträgermediums als im Normaldurchfluss.

Vorteile:

- höhere Kollektorvorlauftemperatur, dadurch schnellere Verfügbarkeit von heißem Wasser
- geringere Rohrleitungsquerschnitte
- geringere Pumpleistung

Optischer Wirkungsgrad η_0 (Konversionsfaktor)

Er gibt an, welcher Anteil der auf den Kollektor treffenden Strahlung vom Absorber in Wärme umgewandelt werden kann. Er

ist das Produkt aus dem Transmissionsgrad der Glasabdeckung und dem Absorptionsgrad der Absorberfläche:

$$\eta_0 = \tau \cdot \alpha$$

Der optische Wirkungsgrad entspricht genau dann dem Kollektorwirkungsgrad, wenn die Temperatur des Absorbers gleich der Temperatur der Umgebungsluft ist und damit keine thermischen Verluste auftreten.

pH-Wert (lat. Pondus hydrogenii, Gewicht des Wasserstoffs)

Der pH-Wert gibt allgemein die Konzentration der Wasserstoffionen in einer Flüssigkeit an, er ist ein Maß für den sauren oder basischen Charakter:
 pH-Wert < 7 sauer reagierende Lösung
 pH-Wert = 7 neutrale Lösung
 pH-Wert > 7 basisch reagierende Lösung
 Der pH-Wert einer Solarflüssigkeit sollte nicht unterhalb von 7 absinken.

Rückflussverhinderer

Rückflussverhinderer werden in Rohrleitungssystemen eingesetzt, wenn eine Umkehr der Strömungsrichtung unter bestimmten Betriebsbedingungen vorkommen kann und nicht erwünscht ist. Es gibt Rückschlagklappen, Rückschlagventile und Schwerkraftbremsen. In Solaranlagen wird auf diese Weise verhindert, dass sich der Speicher bei ausgeschalteter Umwälzpumpe durch freie Konvektion der Solarflüssigkeit über die Kollektoren entlädt. In die Kaltwasserleitung wird ein Rückflussverhinderer eingebaut, damit erwärmtes Wasser nicht infolge der Wärmedehnung aus dem Speicher in die Kaltwasserleitung zurückgedrückt werden kann.

Selektivbeschichtung

An der Oberfläche jedes Körpers steigt die Wärmeabstrahlung mit Zunahme seiner Temperatur stark an. Um die Strahlungsverluste durch Abstrahlung (= Emission) der langwelligen Wärmestrahlung zu reduzieren, werden Absorber in speziellen Verfahren selektiv beschichtet. Diese hat gegenüber normalen Schwarzlacken eine andere Schichtstruktur, die die Umwandlung von kurzweiliger in langwellige Wärmestrahlung optimiert und ihre Abstrahlung so gering wie möglich hält.

Solarer Nutzungsgrad SN

Er gibt an, wie viel Prozent der auf dem Kollektor über einen bestimmten Zeitraum eingestrahltene Sonnenenergie in nutzbare Wärme umgewandelt worden ist.

Solarer Deckungsanteil SD

Der solare Deckungsanteil (auch solare Deckungsrate genannt) gibt an, wie viel Prozent der zur Trinkwarmwasserbereitung aufgewendeten Energie durch die Solaranlage im Jahresmittel gedeckt werden kann. Er entspricht dem Verhältnis des jährlichen solaren Energieertrags zum Gesamtenergiebedarf für die Trinkwasser-

erwärmung und die Deckung der Solar-speicherverluste sowie gegebenenfalls der Verluste eines Zirkulationssystems.

Solarkonstante S

Die Solarkonstante gibt die Bestrahlungsstärke am Oberrand der Atmosphäre (AM = 0) an. Sie beträgt im Mittel 1.367 W/m² (Schwankungen werden durch unterschiedliche Entfernungen Erde-Sonne und Variationen in der Sonnenaktivität hervorgerufen).

Sonnenscheindauer

Anzahl der Stunden direkter Sonneneinstrahlung im Laufe eines Jahres. Als Planungsgröße von Solaranlagen ist anstelle der Sonnenscheindauer die Jahressumme der → Globalstrahlung zu wählen.

Sonnenstandsdiagramm

Grafische Darstellung der Tagesverläufe des Sonnenstandes für einen Standort und ausgewählte Tage eines Jahres. Das Sonnenstandsdiagramm wird üblicherweise für den 21. des jeweiligen Monats angegeben.

Stagnationstemperatur (Stillstandstemperatur)

Wenn der Solarkreis keine Energie aus dem Kollektor abführt, erwärmt sich der Absorber bei hoher Sonneneinstrahlung sehr stark. Sind die damit verbundenen Wärmeverluste an die Umgebung ebenso groß wie die solaren Gewinne, erreicht der Absorber seine Maximaltemperatur. Da dieser Betriebszustand insbesondere dann eintritt, wenn die Umwälzpumpe nicht in Betrieb ist, spricht man von Stillstandstemperatur. Die Höhe der Stillstandstemperatur ist auch von der Höhe der Sonneneinstrahlung abhängig.

Systemnutzungsgrad

Er ist der Systemwirkungsgrad, gemittelt über einen bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr).

Systemwirkungsgrad

Er beschreibt den Wirkungsgrad des gesamten Solarsystems (bestehend aus Kollektor, Rohrleitung, Wärmetauscher und Speicher). Es gibt an, wie viel von der auf den Kollektor eingestrahltene Sonnenenergie als Wärme genutzt werden kann. Überdimensionierte Anlagen haben zwar einen hohen solaren Deckungsgrad, durch die nicht nutzbaren Wärmeüberschüsse im Sommer jedoch einen niedrigen Systemwirkungsgrad.

Thermosiphon-Prinzip

(griech. thermos, warm; siphon, Röhre) Aus dem Dichteunterschied zwischen wärmerem und kälterem Wasser erfährt das leichtere warme Wasser einen Auftrieb und steigt nach oben. Dieser Effekt wird von guten Solarspeichern durch Einbauten unterstützt, um schon nach kurzer Betriebszeit der Solaranlage ausreichend er-

Begriffe von A - Z

wärmtes Trinkwasser im oberen Speicherbereich zu erhalten. In Schwerkraftanlagen wird die Umwälzung im Solarkreis allein durch diesen Effekt angetrieben.

Thermostatisches Mischventil

Wegen der hohen Maximaltemperatur des Speichers ist zum Schutz gegen Verbrühung an der Zapfstelle ein Mischventil erforderlich. Es wird zwischen Kaltwasserzuleitung und Warmwasserentnahmeleitung installiert. Durch thermostatisch geregeltes Zumischen von Kaltwasser wird die Maximaltemperatur des gezapften Wassers auf einen einstellbaren Wert begrenzt.

Tichelmann-Schaltung

Ein Kollektorfeld kann nur dann mit maximaler Leistung arbeiten, wenn das Wärmeträgermedium die gesamte Absorberfläche gleichmäßig kühlt. Daher ist beim Zusammenschluss der Kollektoren darauf zu achten, dass keine Bereiche entstehen, die nicht oder nicht ausreichend von dem Wärmeträgermedium durchströmt werden. Dies wird dadurch erreicht, dass alle Strömungswege durch das Kollektorfeld den gleichen Strömungswiderstand aufweisen, also gleiche Länge und gleiche Querschnitte besitzen. Bei der Kollektoranordnung nach dem Tichelmann-System ist diese Forderung erfüllt.

Transmissionsgrad τ

Durch Reflexion an der Glasabdeckung und Absorption beim Durchgang durch das Glasmaterial erreicht ein Teil der einfallenden Strahlung nicht den darunter liegenden Absorber. Der Transmissionsgrad τ beschreibt die Durchlässigkeit der Glasscheibe.

Überhitzungsschutz

Wenn während einer länger anhaltenden Schönwetterperiode keine Energie aus dem Solarspeicher entnommen wird, kann die Speichertemperatur auf den maximal zulässigen Wert steigen. In diesem Fall muss die Solarkreis-Umwälzpumpe abgeschaltet werden. In der Folge steigt die Absorbentemperatur bis zur Stillstandstemperatur und ein Teil der Solarflüssigkeit verdampft. Um diesen nicht erwünschten Betriebszustand nach Möglichkeit zu vermeiden, ist es empfehlenswert, durch einen zusätzlichen Überhitzungsschutz dafür zu sorgen, dass der Solarspeicher in solchen Fällen die Maximaltemperatur gar nicht erst erreicht. Zum Beispiel lässt sich überschüssige Wärme in kritischen Betriebsphasen über den Nachheizkreis an das Heizsystem abgeben.

Viskosität

Ist ein Maß für die Zähflüssigkeit und hängt stark von der Temperatur ab. Die Viskosität der Solarflüssigkeit ist darüber hinaus abhängig von der Konzentration des Frostschutzmittels.

Winkelkorrekturfaktor (IAM)

(engl. Incident Angle Modifier)

Verhältnis des → optischen Wirkungsgrades bei aktuellem Einfallswinkel zu dem bei senkrechtem Strahlungseinfall.

Wirkungsgrad η

Bei jeder Energieumwandlung (so z. B. im Kollektor die Energieumwandlung von Sonnenstrahlung in Wärme) treten Verluste (z. B. Wärmeabstrahlung) auf. Der Wirkungsgrad η bezeichnet das Verhältnis von Nutzenergie (Wärme) zu eingesetzter Energie (Sonnenstrahlung). Je geringer der Wirkungsgrad ist, desto höher sind die Verluste. Besitzt ein Kollektor einen Wirkungsgrad von $\eta = 0,6$ bedeutet dies, dass von der eingestrahlten Sonnenenergie 60 % in nutzbare Wärme umgewandelt werden. 40 % gehen in Form von optischen und thermischen Verlusten verloren.

Zirkulationsleitung

Zur Erhöhung des Komforts ist oft, insbesondere bei langen Trinkwasserleitungen, ein Zirkulationssystem installiert, das durch eine Zirkulationspumpe Warmwasser an den Zapfstellen vorbei in den Speicher führt. Dadurch steht an den Zapfstellen im Bedarfsfall sofort warmes Wasser zur Verfügung. Eine Zirkulation kann erhebliche Wärmeverluste verursachen. Entscheidend hierfür ist die Laufzeit der Zirkulationspumpe und die Qualität der Wärmedämmung der Leitungen. Zur Reduzierung der Zirkulationsverluste können Druckschalter, impulsgesteuerte oder zeitgesteuerte Pumpen eingebaut werden.

Ermittlung des Trinkwasserbedarfes

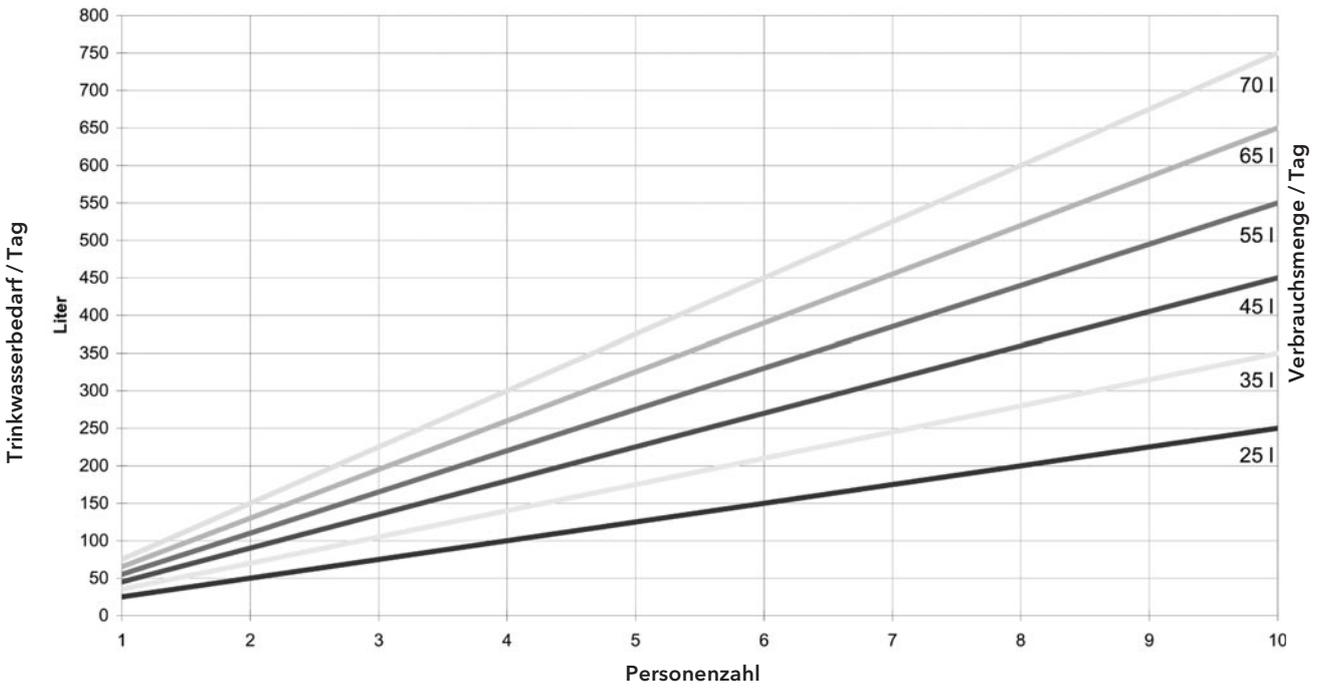
Der Warmwasserverbrauch ist die wichtigste Größe bei der Anlagenplanung und Voraussetzung für eine sinnvolle Anlagenauslegung. Für die Berechnung gelten folgende Richtwerte und durchschnittliche Verbrauchsmengen pro Person und Tag.

- Niedriger Verbrauch = 25 - 35 l
- Mittlerer Verbrauch = 35 - 55 l
- Hoher Verbrauch = 55 - 75 l

Für Waschmaschine und Geschirrspüler können 16 l pro Tag mit in die Berechnung einfließen.

Beispiel: 3 Personenhaushalt = 3 * 50 l + 16 l = 166 l/d

Trinkwasserbedarf pro Tag bei unterschiedlichen Zapfmengen



Auswahl des Solarspeichers

Das Speichervolumen sollte ungefähr doppelt so groß wie der Trinkwassertagesbedarf gewählt werden.
 Faustformel für die Speicherauswahl: Trinkwassertagesbedarf * 2 = Speichervolumen

Beispiel: 3 Personenhaushalt = 166 l Tagesbedarf = 300 l Speicher = VISTRON FS 300

Ermittlung des Wärmebedarfs anhand des berechneten Trinkwasserverbrauchs

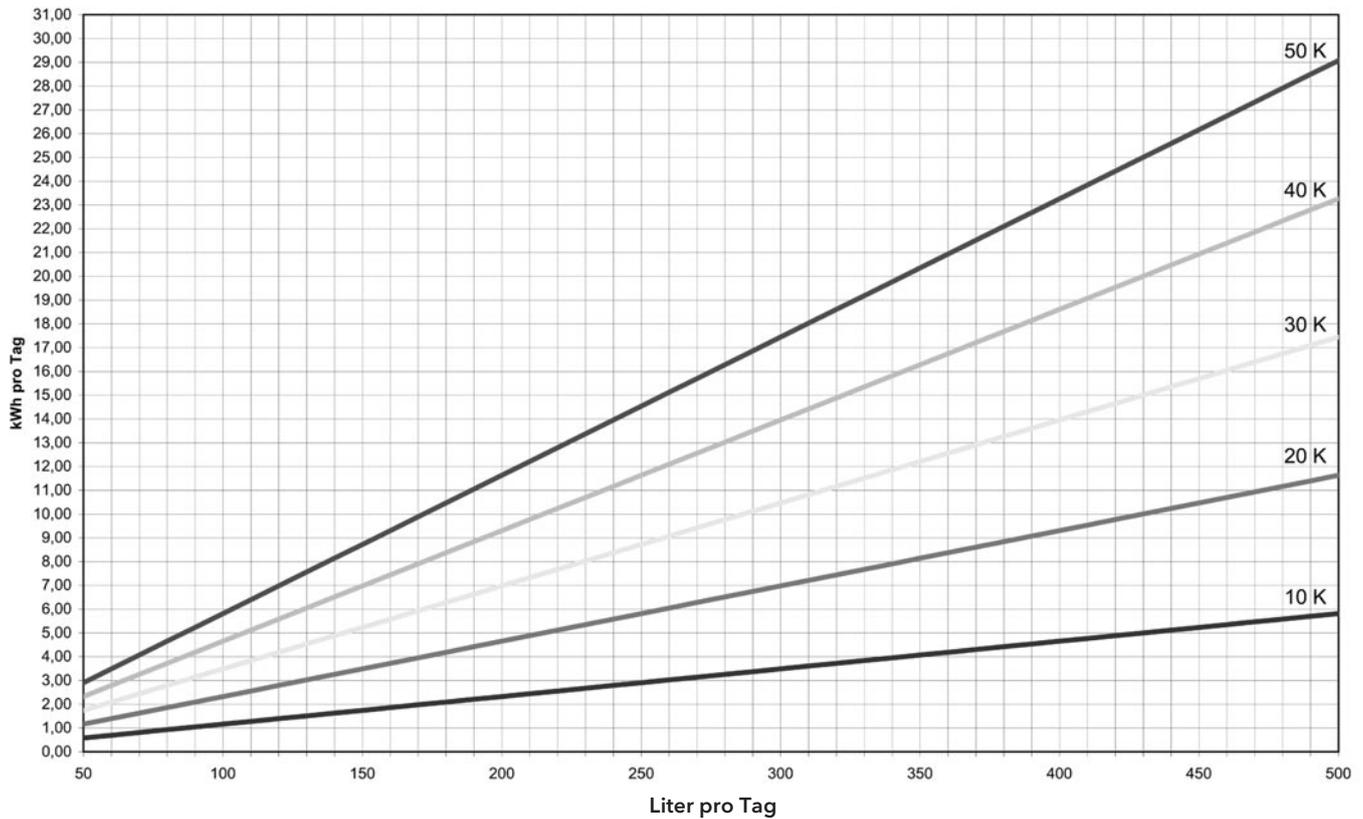
- Q' = Wärmebedarf pro Tag
- P = Dichte von Wasser (1 kg/l)
- M = spezifische Wärmekapazität von Wasser (1,16 Wh/(kg*K))
- ΔT = Temperaturdifferenz zwischen Kalt- und Warmwasser (10°C Kaltwassereintrittstemperatur, 45°C Warmwasserzapftemperatur)

$$Q = m * p * C * \Delta T$$

Beispiel: $Q = \frac{166 \text{ l} * 1 \text{ kg} * 1,16 \text{ Wh}/(\text{kg} * \text{K}) * 35_{\text{K}}}{1 * \text{d} * \text{kg} * \text{K}} = 6,73 \text{ kWh/d}$

Auswahldiagramm für unterschiedliche Temperaturdifferenzen zwischen der Kaltwassereintrittstemperatur und der Zapftemperatur.

Benötigte Leistung für das gewählte Trinkwasservolumen



Auslegung der Absorberfläche

Für einen langjährigen, störungsfreien Betrieb der Solaranlage ist eine richtige Dimensionierung der Absorberfläche von entscheidender Bedeutung. Aufgrund des Wärmebedarfs, der Dachneigung und Ausrichtung sowie der lokalen Solareinstrahlung muss gegebenenfalls im Einzelfall eine Berechnung der notwendigen Kollektorfläche erfolgen.

Für eine einfache Auswahl der Absorberfläche kann die untenstehende Berechnung verwendet werden. Grundlage hierfür ist der berechnete Wärmebedarf für die Trinkwasserbereitung unter Berücksichtigung des Strahlungsangebotes ($\alpha = 0^\circ$ Süden und $\beta = 45^\circ$ Neigungswinkel), dem Anlagennutzungsgrad und dem gewünschten solaren Deckungsanteil.

- Q = Wärmebedarf
- G = regionales Strahlungsangebot
- G_K = Einstrahlung auf die Kollektorfläche
- η_{SYS} = mittlerer Systemnutzungsgrad
- SD = gewünschter Solarer Deckungsanteil

Beispiel: Absorberfläche (Flachkollektor)
 $= (365 * 6,37 \text{ kWh} * 0,60) / (1000 \text{ kWh}/(\text{m}^2 * \text{a}) * 0,35) = 3,98 \text{ m}^2$

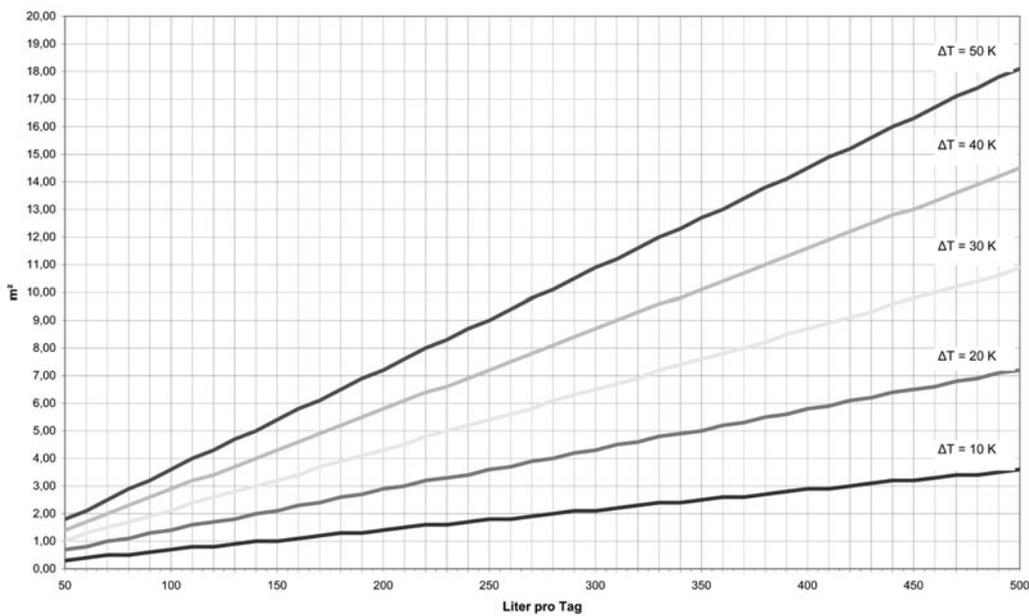
Beispiel: Absorberfläche (Vakuümröhrenkollektor)
 $= (365 * 6,37 \text{ kWh} * 0,60) / (1000 \text{ kWh}/(\text{m}^2 * \text{a}) * 0,45) = 3,10 \text{ m}^2$

$$\text{Absorberfläche} = \frac{365 \text{ d/a} * Q * SD}{G_K * \eta_{SYS}}$$

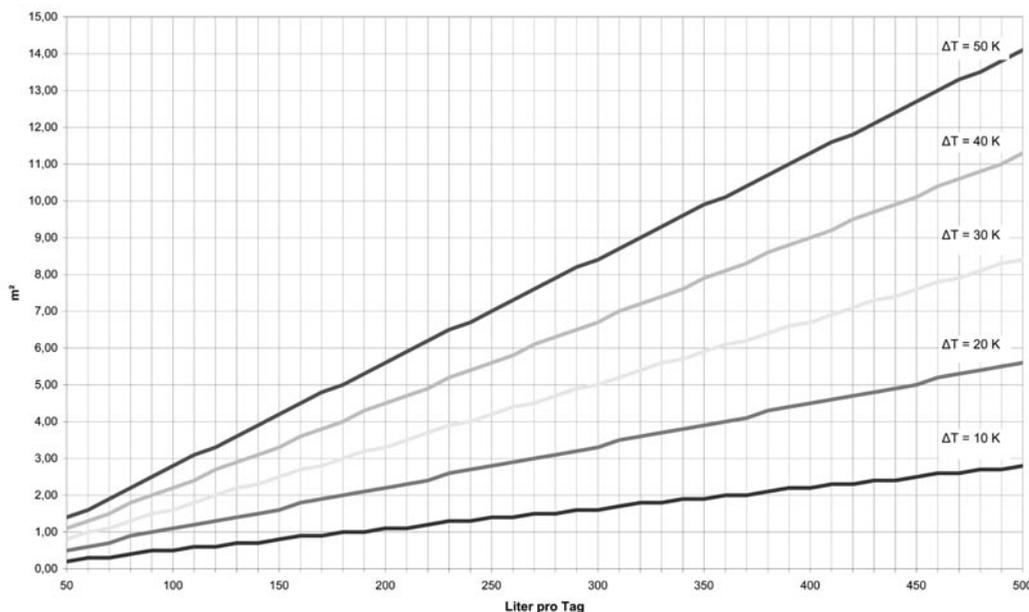
- Faustformel für die Berechnung der Absorberfläche:
- Flachkollektor = ca. 1,5 m² pro Person
 - Vakuümröhrenkollektor = ca. 1 m² pro Person

Auswahldiagramm anhand des berechneten Trinkwasservolumens bei unterschiedlichen Temperaturdifferenzen und Systemnutzungsgraden.

Flachkollektor (Systemnutzungsgrad 35%)



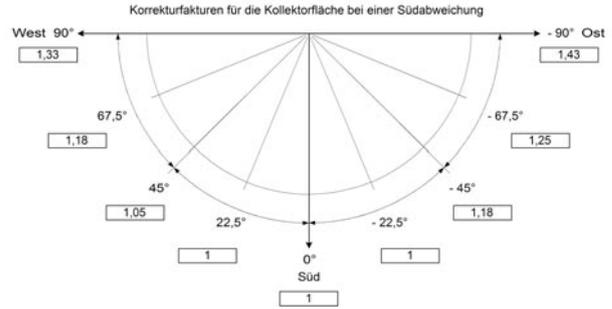
Vakuümröhrenkollektoren (Systemnutzungsgrad 45%)



Einflüsse auf die Größe der Kollektorfläche

Einfluss der Südabweichungen auf die Größe der Kollektorfläche (Azimut des Kollektors α)

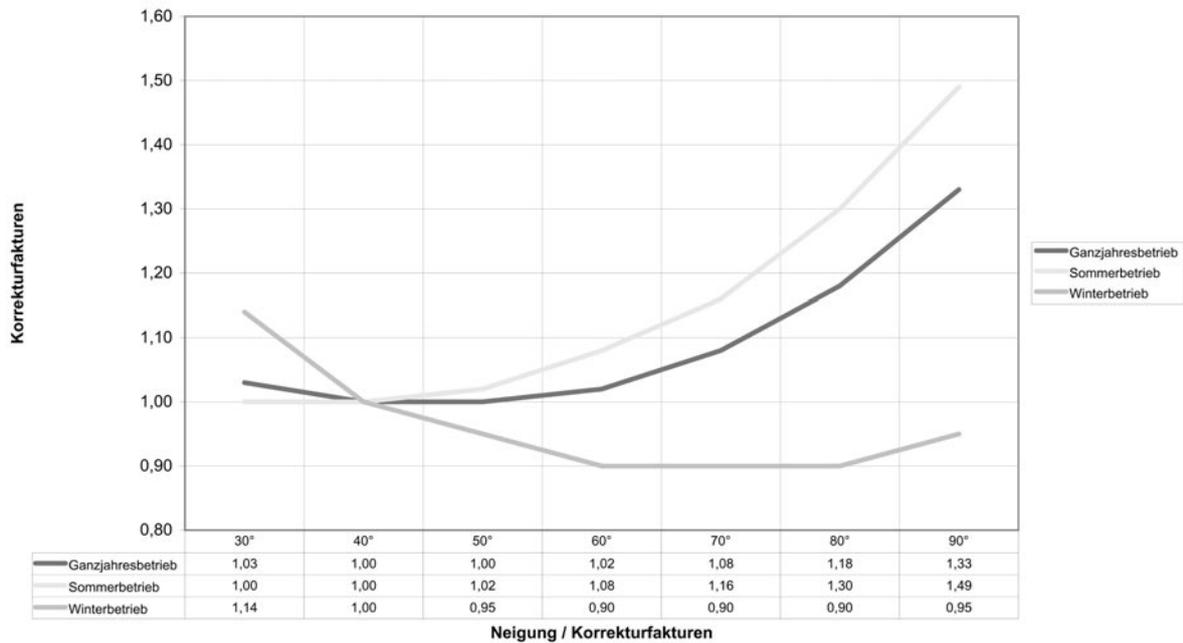
Bei einer Südabweichung sollte die gewählte Kollektorfläche mit den im Diagramm angegebenen Korrekturfaktoren multipliziert werden.



Einfluss des Neigungswinkels auf die Größe der Kollektorfläche (β)

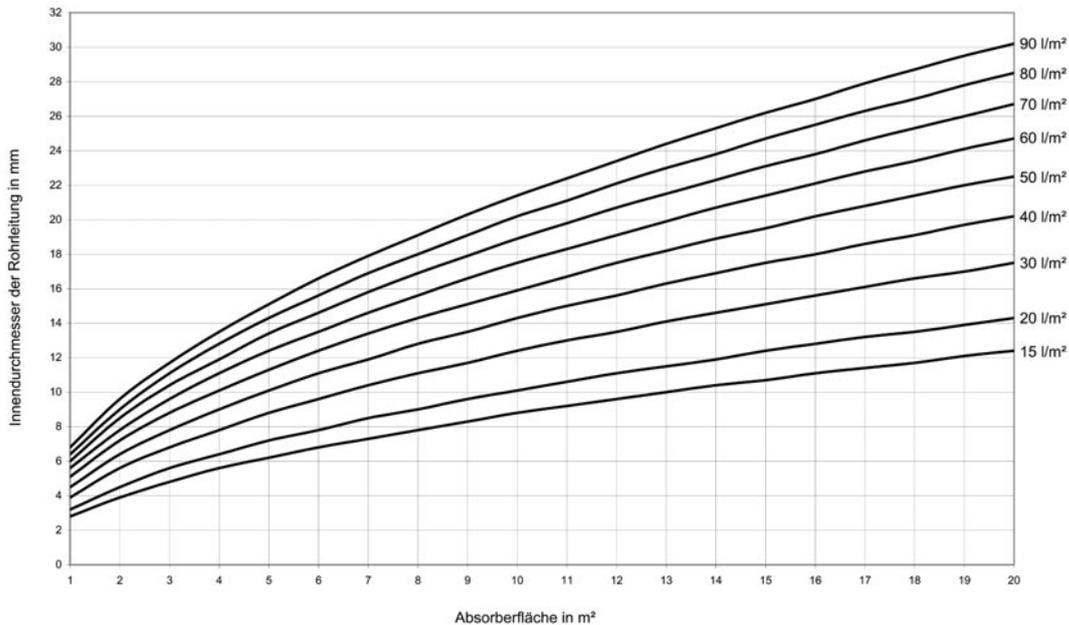
Um einen ungünstigen Neigungswinkel für den Betrieb der Anlage (Sommer-, Winter- oder Ganzjahresbetrieb) auszugleichen, sollte die Kollektorfläche mit den im Diagramm angegebenen Korrekturfaktoren multipliziert werden.

Korrekturfaktoren für unterschiedliche Neigungswinkel der Kollektoren



Rohrdimensionierung

Mit den bei den einzelnen Kollektorarten angegebenen Volumenströmen, können anhand der unten stehenden Tabelle Rohrdimensionen bestimmt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Strömungsgeschwindigkeit 0,7 m/s entspricht. Bei größeren Strömungsgeschwindigkeiten kann es zu Geräuschentwicklung und Materialabtrag im Rohr kommen. Kleinere Strömungsgeschwindigkeiten können zu einem schlechten Anlaufverhalten der Anlage führen.



Inhalte der einzelnen Komponenten zur Berechnung des Anlagenvolumens

Inhalte der einzelnen Kollektoren

Kollektor	Inhalt in Liter
SOLATRON S 2.5-1 V	2,1
SOLATRON S 2.5-1 H	2,5

Inhalte der Solarwärmetauscher bei Trinkwasserspeichern

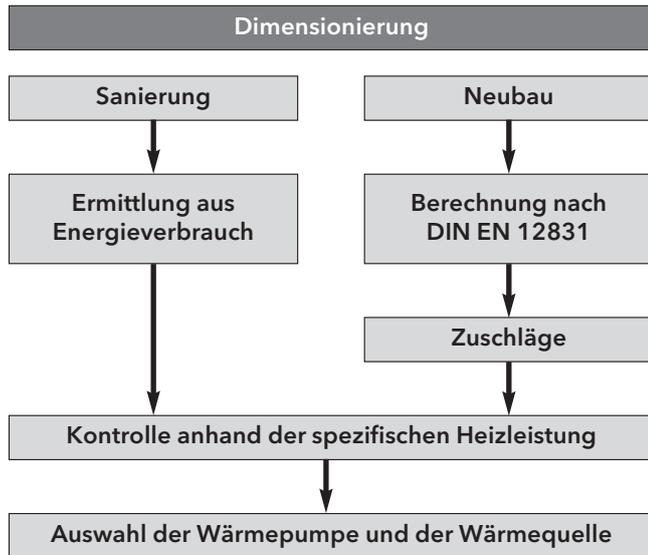
Speicher	Inhalt in Liter
VISTRON FS 300-2	8,9
VISTRON FS 400-2	11,5
VISTRON FS 500-2	12,5
VISTRON FS 800-1	16,0
VISTRON FS 1000-1	26,0
VISTRON HS 600-2	13,2

Inhalte einzelner Rohrdimensionen

Bezeichnung	Innendurchmesser (mm)	Inhalt (l/m)
Cu 10 x 1	8	0,05
Cu 12 x 1	10	0,079
Cu 15 x 1	13	0,133
Cu 18 x 1	16	0,201
Cu 22 x 1	20	0,314
Cu 28 x 1,5	25	0,491

Für größere Anlagen und eine genauere Auslegung beachten Sie bitte Planungs- und Berechnungshilfen.

Auslegung und Dimensionierung



Sanierung

Bei einer Sanierung kann die notwendige Heizleistung der Wärmepumpe am einfachsten auf der Basis des durchschnittlichen Jahres-Energieverbrauchs mehrerer Jahre bestimmt werden.

Mit Warmwasser¹⁾

$$Q_H = \frac{\text{Verbrauch}^3)}{300}$$

Ohne Warmwasser²⁾

$$Q_H = \frac{\text{Verbrauch}^3)}{265^4)}$$

Q_H = erforderlicher Heizleistungsbedarf bei Auslegtemperatur (kW)

1) = Warmwasserbereitung ganzjährig Kessel

2) = Warmwasserbereitung ganzjährig elektrisch

3) = in Liter Öl (1 kg Öl entspricht ca. 1,19 Liter)

(1 Betriebs-m³ Gas entspricht ca. 0,93 Liter Öl)

4) = Dimensionierungsfaktor

Wärmepumpendimensionierung

Die Heizungswärmepumpe weist im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern einen kleineren Einsatzbereich auf. Die Heiz- und Antriebsleistungen und damit auch der Nutzungsgrad der Wärmepumpe variieren je nach Wärmequelle und Wärmenutzungstemperaturen. Grundsätzlich gilt, je kleiner die Differenz zwischen Wärmenutzungs- und Wärmequellentemperatur ist, desto effizienter (bessere Leistungszahl) kann die Anlage betrieben werden. Deshalb verlangt die Wärmepumpe vom Planer/Installateur die Berücksichtigung von Randbedingungen. Die Anlage ist so auszulegen, dass die Einsatzgrenzen nicht überschritten werden.

Wassererwärmung

Die oft geforderten Warmwassertemperaturen von 55 – 60°C liegen an der oberen Einsatzgrenze der Wärmepumpen. Grundsätzlich ist die Abdeckung des Warmwasserbedarfs mit der Wärmepumpe möglich.

Es gilt zu beachten, dass diese Formeln auf Wohnbauten zugeschnitten sind, die mit einer üblichen Wärmedämmung und einer Heizkesselanlage mit einem Jahreswirkungsgrad zwischen 70 und 85% ausgerüstet sind. Bei bestehenden Kesseln mit **extrem schlechten Wirkungsgraden** (< 70%) kann die Berechnung zu einer **Überdimensionierung** führen. In folgenden Fällen liefern die Formeln nur ungenaue Resultate, zusätzlich sind Abklärungen über allfällige Korrekturen nötig:

- Großer Warmwasserverbrauch (z. B. in Großküchen, Sportanlagen)
- Überdurchschnittliche Wärmegewinne durch Sonne (Passivsolarhäuser), Elektrogeräte usw.
- Zeitlich eingeschränkte Nutzung
- Temperaturabsenkung über das Wochenende
- Lüftungs- und Klimaanlage
- Prozesswärme

Auslegung und Dimensionierung

Neubauten

Berechnung der Wärmepumpen-Nennleistung nach DIN EN 12831

Ist der Heizenergiebedarf Q_H nach DIN 4108-6 oder DIN EN 832 ermittelt worden, kann mit den dabei bestimmten Grundlagedaten (k-Werte und zugehörige Flächenauszüge sowie das beheizte Gebäudevolumen) der Heizleistungsbedarf Q_H des Gebäudes einfach anhand der unten aufgeführten Formeln bestimmt werden.

$$Q_{t,a} = \Sigma (k_a \cdot A_a) \cdot (t_i - t_a)$$

$$Q_{t,u} = \Sigma (k_u \cdot A_u) \cdot (t_i - t_u)$$

$$Q_{t,E} = \Sigma (k_E \cdot A_E) \cdot (t_i - t_E)$$

$$Q_l = 0.34 \cdot n \cdot V \cdot (t_i - t_a)$$

$$Q_H = Q_{t,a} + Q_{t,u} + Q_{t,E} + Q_l$$

- Q_H = Heizleistungsbedarf [W]
- $Q_{t,a}$ = Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen Außenluft [W]
- $Q_{t,u}$ = Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen unbeheizt [W]
- $Q_{t,E}$ = Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen Erdreich [W]
- Q_l = Lüftungs-Wärmeleistungsbedarf [W]
- $k_{a,u,E}$ = Wärmedurchgangskoeffizient gegen außen, unbeheizt, Erdreich [W/m²K]
- V = beheiztes Gebäudevolumen [m³]
- $A_{a,u,E}$ = Fläche des Bauteils [m²]
- n = Luftwechselrate (DIN EN 12831)
- t_i = Raumlufttemperatur [°C]*
- t_a = maßgebende Außenlufttemperatur [°C]*
- t_u = Temp. Raum unbeheizt*
- t_E = Temp. Erdreich*

* Es sind Temperaturen gemäß DIN EN 12831 einzusetzen.

Die Wärmepumpe muss 100 % der erforderlichen Heizleistung bei tiefsten Außentemperaturen und maximalen Vorlauftemperaturen erbringen.

Zuschläge
Sperrzeiten der Wärmepumpe

Die Sperrzeiten der Elektrizitätswerke sind mit Zuschlagsfaktoren zur Heizleistung der Wärmepumpe zu berücksichtigen

$$Q_H = Q_H \cdot 24 / (24 - t_s)$$

t_s = Sperrzeiten EVU [h]

Berechnungsbeispiel

Objekt: EFH massiv, Energiebezugsfläche EBF 130 m², beheiztes Volumen 360 m³, $Q_H = 204$ MJ/m²a, ohne Wassererwärmung.

Flächen	k-Wert
- 110 m ² Dach	0.25 W/m ² K
- 120 m ² Außenmauer	0.30 W/m ² K
- 30 m ² Fenster inkl. Rahmen	1.60 W/m ² K
- 90 m ² Boden gegen unbeheizt	0.40 W/m ² K
- 30 m ² Mauer gegen Erdreich	0.40 W/m ² K

Auslegungstemperaturen gemäß DIN EN 12831

- Raumlufttemperatur $t_i = 20$ °C
- Außenlufttemperatur $t_a = -8$ °C
- Temp. Garage/Keller unbeheizt $t_u = 5$ °C
- Temperatur Erdreich $t_E = 0$ °C
- Luftwechselrate $n = 0,5$

Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen **Außenluft:**
 $Q_{t,a} = [(0.25 \cdot 110) + (0.3 \cdot 120) + (1.6 \cdot 30)] \cdot [20 - (-8)] = 3122$ W

Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen **unbeheizt:**
 $Q_{t,u} = (0.4 \cdot 90) \cdot (20 - 5) = 540$ W

Transmissions-Wärmeleistungsbedarf gegen **Erdreich:**
 $Q_{t,E} = (0.4 \cdot 30) \cdot (20 - 0) = 240$ W

Wärmeleistungsbedarf für die **Lüftung:**
 $Q_l = (0.34 \cdot 0.5 \cdot 360) \cdot [20 - (-8)] = 1713$ W

Der **gesamte Heizleistungsbedarf** des Gebäudes errechnet sich wie folgt:
 $Q_H = 3122 + 540 + 240 + 1713 = 5615$ W

Die Zuschläge für Aufheizung und Verluste der Wärmeverteilung betragen 15% (vergleiche Kapitel 12); somit resultiert als erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe
 $Q_{WP\ erf} = 5615 \text{ W} \cdot 1,15 = 6460$ W

Die spezifische Heizleistung errechnet sich wie folgt:
 $\frac{6460 \text{ W}}{130 \text{ m}^2} = 50 \text{ W/m}^2$

Zur **Kontrolle** vergleiche Angaben Seite 1.44.

Wärmeleistung für die Wassererwärmung

Der Wasserverbrauch sowie die Wahl des Systems bestimmen die erforderlichen Zuschläge. Für ein EFH mit 2 bis 4 Personen kann mit einem Zuschlag von 750 Watt zur Nenn-Heizleistung der Wärmepumpe gerechnet werden.

Auslegung und Dimensionierung

Gebäudetyp	W/m ²
Neubau nach EnEV 2002	45 - 60
Neubau nach WSchV 95	50 - 60
Gebäude vor 1995	
errichtet mit normaler WD	70 - 90
Altbau ohne bes. WD	120

Hinweis:

Die spezifische Heizleistung kann nur als grobes Kontrollinstrument eingesetzt werden. Die Dimensionierung sollte prinzipiell nach den vorgangig beschriebenen Methoden erfolgen.

Wassererwärmung

Die oft geforderten Warmwassertemperaturen von 55-60 °C liegt an der oberen Einsatzgrenze der Wärmepumpen. Grundsätzlich ist die Abdeckung des Warmwasserbedarfs mit der Wärmepumpe möglich. Die Anwendung mit einem Kombispeicher (Heizungsspeicher mit integriertem Boiler) bietet eine gute Lösung: Das Warmwasser wird mit der WP vorgewärmt. Eine allfällige Temperaturerhöhung kann direkt elektrisch oder mittels Sonnenkollektor-Unterstützung erfolgen. Deshalb ist zu prüfen, ob das Warmwasser permanent oder nur zeitweise auf diesem Temperaturniveau gehalten werden muss. Bei der Anwendung eines Warmwasserbeistellspeichers ist auf eine genügend große Wärmetauscherfläche zu achten. Dabei müssen Wassermenge, Temperaturdifferenz sowie Leistung der Wärmepumpe berücksichtigt werden.

Erforderliche Wärmetauscherfläche:

Um die Heizleistung der Wärmepumpe an das Trinkwarmwasser abgeben zu können, ist eine große Wärmetauscherfläche im Speicher erforderlich.

Folgende Faustwerte sind dabei zu beachten:

- erforderliche WT-Fläche: 0,3 m² je kW Heizleistung
- Bezugspunkt Heizleistung:
- AQUATOP: B0/W60 bzw. W10/W60
- AEROTOP: A2/W55

Bewilligung Elektrizitätswerk

Jeder Anschluss einer Elektrowärmepumpe benötigt eine Bewilligung des zuständigen Elektrizitätswerkes. Für die Eingabe müssen die elektrischen Wärmepumpendaten bekannt sein.

Auswahl der Wärmequelle

Außer bei der Außenluft bedarf die Nutzung sämtlicher natürlichen Wärmequellen einer Bewilligung durch die zuständige Wasserbehörde (in der Regel Landratsamt).

- Erdregister benötigen große Flächen (30 - 60 m²/kW_{tH} Heizleistung)
- Erdwärmesonden (ca. 15 m/kW_{tH}) können 100 - 300 m gebohrt werden
- Bei Grundwasser sind 150 - 200 Liter/h/kW_{tH} erforderlich

Pufferspeicher

Bei jeder Speichereinbauart ist sicherzustellen, dass die gesamte Leistung der Wärmepumpe stets abgenommen wird. Die Einbindung eines technischen Speichers oder Wärmespeichers ist generell zu empfehlen. Er sorgt für folgende optimale Betriebsbedingungen wie:

- Leistungsüberschüsse der Wärmepumpe werden aufgenommen
- die Schalzhäufigkeit der Maschine wird reduziert (Anforderungen der EW max. 3 pro Stunde)
- längere Lebensdauer des Verdichters
- Überbrückung der EVU-Sperrzeiten
- ermöglicht mehrere Heizkreisanschlüsse

Auf einen Pufferspeicher sollte nur dann verzichtet werden:

- Heizwasservolumen größer als 25 Liter pro kW Heizleistung oder gute Speicherfähigkeit des Wärmeabgabesystems (Fußbodenheizung mit Auslegung < 40 °C)
- keine Thermostatventile

Speichergröße:

- **Speicher im Rücklauf:**
Speichergröße = 25 l / kW Heizleistung
- **Einsatz als Trennspeicher:**
Speichergröße = 50 l / kW Heizleistung

Einsatzbereich Sole-Wasser

Erdwärmesonde

Standard-Bezugspunkt für die Berechnung der Erdsondenlänge ist die Kälteleistung bei **B0/W35**. Die notwendige Sondenlänge kann wie folgt ermittelt werden:

$$\text{Sondenlänge [m]} = \text{Kälteleistung [W]} / 50 \text{ [W/m]}$$

Bei einer ganzjährigen Trinkwassererwärmung ist die Sondenlänge um 15% zu erhöhen.

Zuschlag zur Sondenlänge bei Trinkwassererwärmung mit WP = +15% (jedoch mindestens 20 m)

Die Wärmepumpe soll nicht wesentlich länger als 1800 Std. pro Jahr betrieben werden. Ist die Betriebszeit höher, muss die Erdwärmesonde größer ausgelegt werden.

max. 1800 - 2000 Betriebsstunden pro Jahr

Erdkollektor

Standard-Bezugspunkt für die Berechnung der Erdkollektorfläche ist die Kälteleistung bei **B0/W35**.

Die Wärmepumpe soll nicht wesentlich länger als 1800 Std. pro Jahr betrieben werden. Ist die Betriebszeit höher, muss der Erdkollektor größer ausgelegt werden.

max. 1800 - 2000 Betriebsstunden pro Jahr

Weitere Punkte sind bei der Dimensionierung von Erdkollektoren zu beachten:

- **Abstand Kollektorrohre a = 0,5 - 1,0m**
- **Mindesteinbautiefe 1,2 - 1,5 m**
- **Entzugsbelastung Erdreich q_E:**
 - trockener, nichtbindiger Boden 10 W/m²
 - bindiger feuchter Boden 25 W/m²
 - wassergesättigter Sand/Kies 40 W/m²
- **Max. 100 m Rohrlänge je Kollektorkreis**

Die erforderliche Rohrlänge des Erdkollektors ergibt sich damit wie folgt:

$$\text{Rohrlänge} = \text{Kälteleistung [W]} / \text{q}_E \text{ [W/m}^2\text{]} / a \text{ [m]}$$

$$\text{Anzahl Kollektorkreise} = \text{Rohrlänge [m]} / 100 \text{ [m]}$$

Genehmigung

Erdsonden/Grundwasserfassungen

Die notwendigen Genehmigungsverfahren für Erdsonden und Grundwasserbrunnen werden in der Regel als Dienstleistung von der beauftragten Bohrfirma durchgeführt.

Sollte die beauftragte Bohrfirma das notwendige Genehmigungsverfahren nicht durchführen, muss ein externes Geologie-Büro beauftragt werden. Wir können hier folgendes Büro empfehlen:

sytherma
Planungsbüro für Erdwärmesysteme
Dr. Simone Walker-Hertkorn
Dipl.-Geologin
Finkenstr. 1
72181 Starzach-Felldorf

Sole-Wärmeträger

Der Solekreislauf erfordert den Einsatz von umweltfreundlichem Frostschutzmittel (z. B. Antifrogen N). Die Konzentration von 20 - 30 Vol.% ist einzuhalten und periodisch zu überwachen. Das Befüllen der Erdwärmesonde hat nach der Richtlinie T3 der AWP zu erfolgen. Wird einem System nachträglich Frostschutz beigegeben, besteht keine Gewährleistung für eine einwandfreie Vermischung mit dem Wasser. Vor dem Einfüllen der Wärmeträgerflüssigkeit ist das Rohrleitungssystem zu spülen. Die EWS darf dabei nie mit Luft leergeblasen werden. Sie muss immer mit Flüssigkeit

gefüllt sein. Verunreinigungen können zu Zersetzungerscheinungen im Wärmeträgermedium führen. Dadurch entsteht Schlamm oder die Verunreinigung selber kann zu Störungen am Wärmetauscher und anderen Komponenten führen.

Verbindungsleitungen Wärmequelle

Die Materialverträglichkeit der Leitungen mit dem Frostschutzmittel ist zu prüfen (keine verzinkten Leitungen). Verbindungsleitungen sind so kurz wie möglich zu halten. In warmen Räumen bildet sich Schwitzwasser an den Leitungen und Armaturen. Dies muss mit dampfdichtem Isolationsmaterial verhindert oder über eine Tropfrinne abgeleitet werden. Die Installation muss gegen Korrosion geschützt sein (Materialwahl). Um Leckagen feststellen zu können, muss zur Überwachung ein Druckwächter im Solekreislauf eingebaut sein. Jede Erdwärmesonde muss ab Verteiler einzeln absperrbar sein.

Die Bewilligung der Erdwärmenutzung muss mit dem zuständigen Amt, in der Regel der unteren Wasserbehörde, (Landratsamt) abgeklärt werden.

Einsatzbereich Wasser-Wasser

Die Wasser-Wasserwärmepumpe wird in der Regel als mono-valente Heizung eingesetzt. Durch das hohe Temperaturniveau der Wasserquellen werden hohe Leistungszahlen erreicht. Die Nutzungsart dieser Wärmequelle ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Grund- bzw. Oberflächengewässers, der Quellentemperatur sowie allfälligen behördlichen Vorschriften.

Direktnutzung

Das Temperaturniveau kann bei dieser Anwendung voll genutzt werden. Es wird nur bei Grundwasserfassungen (Filterbrunnen) angewendet. Es müssen aber Verunreinigungen, Verschlammlung (Filter), Erosion und Korrosion im Verdampfer verhindert werden. Eine Indirektnutzung muss geplant werden, falls folgende Grenzwerte nicht eingehalten werden:

- pH-Wert > 7
- Eisenoxidgehalt < 0,15 mg/l
- Mangangehalt < 0,1 mg/l
- keine festen Schwebstoffe
- Wasserquellentemperatur mindestens 8°C

Natürliche Wasserquellen können mit der Zeit ihre Qualität ändern. Auch durch eine einmalige Wasseranalyse kann auf die Dauer keine absolute Garantie gegeben werden. Es ist deshalb empfehlenswert, wenn keine langjährigen praktischen Erfahrungen vorliegen, eine Indirektnutzung mit Zwischenkreislauf vorzuziehen.

Proben über die Wasserqualität können über das jeweilige Landratsamt beim Wasserwirtschaftsamt durchgeführt werden.

Indirektnutzung

Die Nutzung von Oberflächengewässern (Fluss-, See- oder Bachwasser) lassen durch ihre relativ großen Temperaturschwankungen in der Regel keinen monovalenten Betrieb mit einer Direktnutzung zu. Der für die indirekte Nutzung benötigte Wärmetauscher im Zwischenkreislauf ist aus korrosionsbeständigem Material zu wählen und muss problemlos zu reinigen sein. Es gilt zu beachten, dass die Zwischenkreislaufumtemperatur je nach Wärmequelle unter 0 °C fallen kann (Frostschutz im Zwischenkreislauf). Deshalb ist die Konzentration des Wärmeträgers im Zwischenkreislauf auf die tiefstmögliche Verdampfungstemperatur auszuliegen.

Verbindungsleitungen Wärmequelle

Die Erschließungsleitungen sind so kurz wie möglich zu halten. Leitungen und Armaturen müssen gegen Grundwasser resistent sein. In warmen Räumen bildet sich Schwitzwasser an den Leitungen und Armaturen. Dies muss mit dampfdichtem Isolationsmaterial verhindert oder über eine Tropfrinne abgeleitet werden.

Die Installation muss gegen Korrosion geschützt sein. Um Störungen am Verdampfer zu verhindern, ist in jedem Anwendungsfall ein Strömungswächter und eine Frostschutzsicherung einzubauen. Bei Anwendung eines Zwischenkreislaufs, ist die Materialverträglichkeit der Leitungen mit dem Frostschutzmittel zu prüfen (keine verzinkten Leitungen).

inkl. Siphon \varnothing min. 50 mm /bei der Außenaufstellung \varnothing min. 100 mm) muss mit genügend Gefälle direkt in den Abwasserkanal geführt werden.

Wärmequellenfassung

Das entzogene Grundwasser ist dem gleichen Vorkommen in der Fließrichtung wieder abzugegeben (Distanz >15 m). Die minimal vorgeschriebene Rückgabetemperatur darf +4 °C nicht unterschreiten. Die Größe des Brunnens wird für einen bestimmten Fördervolumenstrom dimensioniert. Wird dieser überschritten, besteht die Gefahr, dass der Kiesfilter um den Grundwasserbrunnen zerstört wird. Nur fachmännisch erstellte Brunnen garantieren einen einwandfreien Betrieb. Der Wärmeentzug aus Oberflächengewässer ist grundsätzlich auf zwei Arten möglich:

- Register im Fließgewässer
- Filterbrunnen für die indirekte Nutzung von Oberflächengewässer

Der Vorteil der Filterbrunnenlösung ist die praktisch verschmutzungsfreie Wasserentnahme. Ein monovalenter Betrieb ist häufig möglich und anzustreben. Ansonsten ist der bivalent parallele Betrieb sehr sinnvoll. Die erforderliche Leistung der Zusatzheizung muss nur ca. 10 - 20% des Jahresheizbedarfs abdecken.

Einsatzbereich Luft-Wasser

Die Luft-Wasserwärmepumpen können als monovalente oder bivalente Heizungen eingesetzt werden. Durch die schwankende Außenlufttemperatur ist auch ihre Leistungszahl und ihre Heizleistung sehr variabel. Für einen wirtschaftlichen Betrieb ist deshalb immer die Einbindung eines Pufferspeichers notwendig.

Monoenergetischer Betrieb

Wird die maximale Heizleistung einer Wärmepumpenanlage nur während kurzer Zeit unterschritten, kann bei Einfamilienhäuser die eingebaute elektrische Zusatzheizung im Parallelbetrieb zur Spitzenlastabdeckung eingesetzt werden (elektrische Gesamtleistung < 10 kW). Die Auslegung der Spitzendeckung erfolgt auf den P_{HT} -Wert entsprechend L2/W35. Zudem sollte an sehr kalten Tagen auf die Nachtabsenkung verzichtet werden, damit keine Schnellaufheizung erforderlich ist; bei jeder Wärmepumpenanlage empfehlenswert.

Luftführung

Bei der Platzierung einer Luft-Wasser Wärmepumpe sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- schalltechnische Abklärungen (gegenüber Wohnräumen, Nachbarn usw.) unabhängig davon, ob es um eine Innen- oder Außenaufstellung handelt. Die Lärmschutzverordnungen sowie die örtlichen Vorschriften sind unbedingt zu beachten.
- Die Luftansaug- und Ausblasöffnung sind vor Schnee, Laub und Staubpartikeln zu schützen, eine Behinderung durch Pflanzen ist zu vermeiden.
- Verhinderung einer Kurzschlusswirkung der Ansaug- und Ausblasöffnung.
- Um Körperschallübertragungen zu vermeiden, sind die Luftkanalanschlüsse der Maschine mit elastischen Manschetten zu versehen.
- beim Luftkanaleinbau direkten Kontakt zur Mauer (bei Wanddurchführungen usw.) vermeiden.
- Luftschacht evtl. mit Schallauskleidung versehen.

Kondensatwasserableitung

Luft enthält Feuchtigkeit, die unter einer Temperatur von ca. +7 °C an der Verdampferoberfläche vereist. Bei Bedarf wird somit die automatische Abtauvorgang eingeleitet. Das bei diesem Vorgang anfallende Kondenswasser muss frostfrei und sicher abgeleitet werden (evtl. Ablauf beheizen). Um einen einwandfreien Abfluss zu gewährleisten, muss die Wärmepumpe auf einer waagrechten, ebenen Fläche stehen. Das Ablaufrohr (bei der Innenaufstellung