

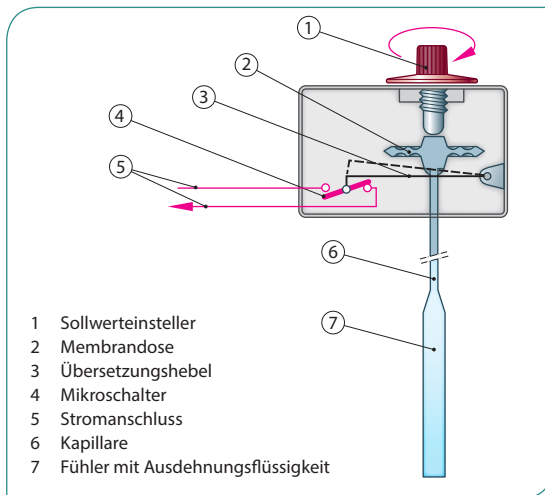
Bei indirekt beheizten Wärmeerzeugern ist ein Druckbegrenzer nicht notwendig.

Der **Mindestdruckbegrenzer** soll verhindern, dass das Heizungswasser bei zu geringem Druck in der Anlage verdampft.

Temperaturregler

Öl-/Gas-Heizkessel benötigen einen Temperaturregler (Kesselthermostat), um die Wärmeerzeugung dem Wärmebedarf anzupassen. Der Temperaturregler muss den Brenner so zeitig abschalten (**turn off**), dass die Kesselwassertemperatur den vorgegebenen Sollwert nicht bzw. nur geringfügig überschreitet. Der höchste Einstellwert des Temperaturreglers liegt unter dem Schaltpunkt (**switching point**) des Sicherheitstemperaturbegrenzers. Die maximale Einstelltemperatur am Temperaturregler beträgt 105 °C.

Man unterscheidet Regler wie z.B. Zweipunktregler (**two-position controller**), die die Kesselwassertemperatur auf einem annähernd konstanten Wert halten oder nach oben einschränken (Bild 1) und Regler, meist elektronische Regler mit gleitendem Regelverhalten, die die Kessel- bzw. Vorlauftemperatur nach einer Führungsgröße (**command variable**) wie z.B. der Außentemperatur oder der Zeit verändern (Bild 2).



1 Zweipunkt-Temperaturregler

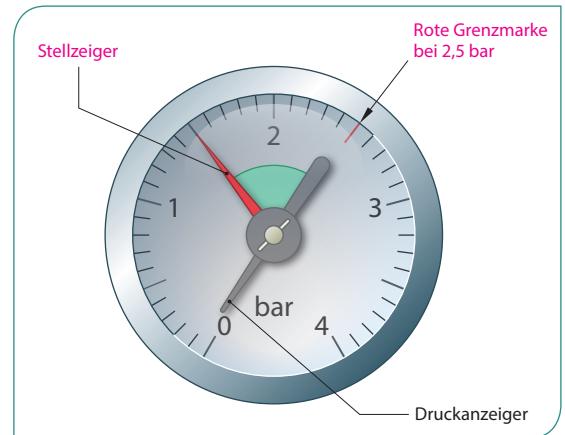


2 Regelelektronik in Modulbauweise

Druckmessgerät/Manometer

Das Druckmessgerät/Manometer (Bild 3) dient zur Kontrolle des Druckes in der Anlage. Es muss gegenüber dem maximalen Betriebsdruck einen mindestens 50 % größeren Anzeigebereich (**indicating range**) aufweisen.

Um die Kontrolle zu erleichtern, ist es mit einer Markierung für den Mindestbetriebsdruck der Heizungsanlage (meist Stellzeiger) sowie für den Ansprechdruck des Sicherheitsventils (rote Strichmarke z. B. bei 2,5 bar) versehen.



3 Manometer

Der Bereich zwischen Mindest- und Höchstdruck wird häufig durch ein grünes Feld (**display**) gekennzeichnet. Bei korrekter Funktion der Anlage muss sich der Druckanzeiger in diesem Bereich bewegen.

Das Manometer wird direkt am Wasserraum des Heizkessels oder in unmittelbarer Nähe am Vorlauf gut sichtbar angebracht. Häufig wird es auch zusammen mit dem Sicherheitsventil und dem automatischen Entlüfter als Systemeinheit (**system unit**) an den Sicherheitsvorlauf des Wärmeerzeugers angeschlossen (Bild 1, Seite 31).

Temperaturmessgerät/Thermometer

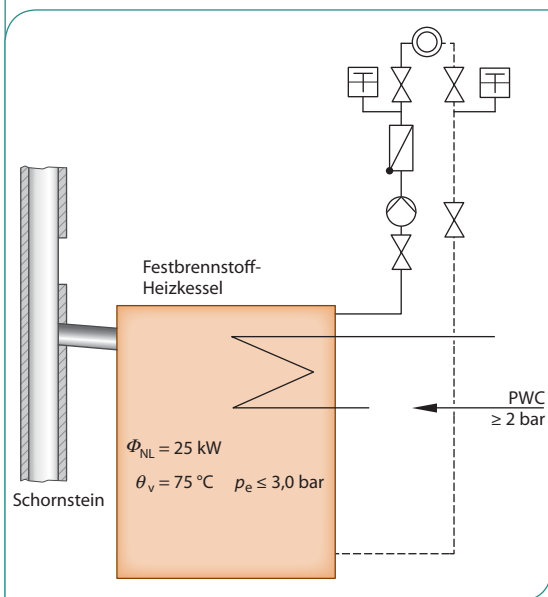
Das Temperaturmessgerät/Thermometer (**thermometer**) wird direkt am Wasserraum des Heizkessels oder am Vorlauf angebracht und erfasst die Temperatur des Heizungswassers. Ihr Anzeigebereich muss 20 % über die maximal zulässige Betriebstemperatur hinausgehen. Die zulässige Betriebstemperatur ist in der Regel auf der Anzeigeskala des Thermometers markiert.

Fülleinrichtung (feeding device)

Eine Heizungsanlage muss mit einer Einrichtung ausgestattet sein, die es ermöglicht, dass sie befüllt und der Wasserstand angeglichen werden kann. Die Verbindung der Heizungsanlage mit dem Trinkwassernetz muss gemäß DIN EN 1717 mit einer Sicherungseinrichtung ausgerüstet sein, welche das Rückfließen (**back flow**) des Heizungswassers in das Trinkwasserrohrnetz zuverlässig verhindert. Je nach Gefährdungsgrad fordert die Norm den Einsatz entsprechenden Rohr- bzw. Systemtrenner.

ÜBUNGEN

- 12 Welche Aufgabe hat der Sicherheitstemperaturbegrenzer (STB)?
- 13 Erläutern Sie den Unterschied zwischen einem Sicherheitstemperaturbegrenzer und einem Sicherheitstemperaturwächter.
- 14 Wodurch unterscheidet sich ein Sicherheitstemperaturbegrenzer von einem Temperaturbegrenzer?
- 15 Welche Aufgabe erfüllt die Wassermangelsicherung?
- 16 An welcher Stelle der Anlage ist die Wassermangelsicherung einzubauen?
- 17 Bei welchen Wärmeerzeugern kann auf eine Wassermangelsicherung verzichtet werden?
- 18 Welche Wärmeerzeuger sind mit einem Sicherheits-Druckbegrenzer (Maximaldruckbegrenzer) auszurüsten?
- 19 Welche Aufgabe erfüllt der Mindestdruckbegrenzer?
- 20 Nennen Sie die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen, mit denen Festbrennstoff-Heizkessel mit nicht abschaltbarer Feuerung in geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen nach DIN EN 12828 auszurüsten sind.
- 21 Übertragen Sie das Schema auf ein DIN A4 Blatt und vervollständigen Sie die geschlossene Wasserheizungsanlage mit allen erforderlichen Sicherheitseinrichtungen nach DIN EN 12828, wenn die Nennwärmeleistung des Festbrennstoff-Heizkessels 25 kW beträgt, die Vorlauftemperatur auf 75 °C begrenzt ist und das Sicherheitsventil bei einem Überdruck von 3 bar öffnet.



- 22 Welche Aufgabe hat der Feuerungsregler (Verbrennungsluftregler) eines Festbrennstoff- Heizkessels?

- 23 Warum müssen Festbrennstoff-Heizkessel mit nicht oder teilweise abschaltbarem Feuerungssystem in geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen mit einer thermischen Ablaufsicherung ausgerüstet werden?
- 24 Beschreiben Sie den Aufbau und die Funktionsweise einer thermischen Ablaufsicherung
- 25 Nennen Sie Vorschriften, die beim Einbau des Membran-Ausdehnungsgefäßes zu beachten sind.
- 26 Eine geschlossene Warmwasserheizung 70/55 °C hat eine Nennwärmeleistung von 25 kW. Als Heizflächen werden Stahlröhrenradiatoren verwendet. Bestimmen Sie das Wasservolumen der Anlage.
- 27 Die Nennwärmeleistung Φ_{NL} einer Warmwasser-Heizungsanlage 70/50 °C beträgt 21 kW. Berechnen Sie das Wasservolumen der Heizungsanlage, wenn als Heizflächen Flachheizkörper verwendet werden.
- 28 Die Nennwärmeleistung des Heizkessels einer Warmwasser-Heizungsanlage 60/40 °C beträgt $\Phi_{NL} = 18 \text{ kW}$. Bestimmen Sie das Wasservolumen bei 70 % Fußbodenheizung und 30 % Plattenheizkörpern.
- 29 Eine geschlossene Warmwasser-Heizungsanlage 70/55 °C hat eine Nennwärmeleistung von 32 kW. Das Sicherheitsventil öffnet bei $p_{SV} = 2,5 \text{ bar}$. Die Wasserhöhe über dem Ausdehnungsgefäß beträgt 8 m. Bestimmen Sie den Nenninhalt des Membran-Ausdehnungsgefäßes bei 80 % Radiatoren und 20 % Fußbodenheizung.
- 30 Die Nennwärmeleistung Φ_{NL} einer Warmwasser-Heizungsanlage 70/50 °C beträgt 20 kW. Bestimmen Sie mit Hilfe der HerstellerAuslegungstabelle (Bild 1, nächste Seite) die Größe des MAG, wenn als Heizflächen Plattenheizkörper verwendet werden, der Ansprechdruck des Sicherheitsventils 2,5 bar und der Anfangsdruck $p_0 = 1 \text{ bar}$ betragen.
- 31 Der Wasserinhalt einer geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlage beträgt 600 kg. Das Heizwasser wird auf maximal 70 °C aufgeheizt. Das Sicherheitsventil öffnet bei einem positiven Überdruck $p_{SV} = 3 \text{ bar}$. Bestimmen Sie das erforderliche Nennvolumen des Membran-Ausdehnungsgefäßes bei einem Anfangsdruck $p_0 = 0,5 \text{ bar}$.
- 32 Eine geschlossene Warmwasser-Heizungsanlage enthält 520 l Heizwasser, das von 10 °C auf 75 °C aufgeheizt wird. Das Sicherheitsventil öffnet bei einem positiven Überdruck $p_{SV} = 2,5 \text{ bar}$. Bestimmen Sie das erforderliche Nennvolumen des Membran-Ausdehnungsgefäßes bei einem Anfangsdruck $p_0 = 1,0 \text{ bar}$.
- 33 Ein Ausdehnungsgefäß einer geschlossenen Heizungsanlage hat ein Nennvolumen von 35 l und einen Anfangsdruck $p_0 = 0,5 \text{ bar}$. Es soll eine Wasservorlage von

9 Jahresbrennstoffbedarf und Jahresbrennstoffkosten

Der **Jahresbrennstoffbedarf** (annual fuel demand) hängt ab vom Jahreswärmebedarf, vom Heiz- bzw. Brennwert (Kap. 1, Bild 2), Betriebsheiz- bzw. Betriebsbrennwert des Brennstoffes und vom Jahresnutzungsgrad der Anlage (vgl. Kap. 4.4). Er kann mit folgender Formel berechnet werden:

Bei Niedertemperaturkesseln:

Feste und flüssige Brennstoffe

Gasförmige Brennstoffe

$$B_a = \frac{Q_a}{H_i \cdot \eta_{aAnl}}$$

$$B_a = \frac{Q_a}{H_{iB} \cdot \eta_{aAnl}}$$

Bei Brennwertkesseln:

Feste und flüssige Brennstoffe

Gasförmige Brennstoffe

$$B_a = \frac{Q_a}{H_s \cdot \eta_{aAnl}}$$

$$B_a = \frac{Q_a}{H_{sB} \cdot \eta_{aAnl}}$$

B_a : Jahresbrennstoffbedarf in $\frac{m^3}{a}, \frac{kg}{a}, \frac{l}{a}$

Q_a : Jahreswärmebedarf in $\frac{kWh}{a}$

H_i : Heizwert in $\frac{kWh}{kg}, \frac{kWh}{l}, \frac{kWh}{m^3}$

H_s : Brennwert in $\frac{kWh}{kg}, \frac{kWh}{l}, \frac{kWh}{m^3}$

H_{iB} : Betriebsheizwert in $\frac{kWh}{m^3}$

H_{sB} : Betriebsbrennwert in $\frac{kWh}{m^3}$

η_{aAnl} : Jahresnutzungsgrad der Anlage (Dezimalwert)

Der **Jahreswärmebedarf** (annual heat demand) einer **Heizungsanlage ohne Trinkwassererwärmung** kann mithilfe der Jahresvollbenutzungsstunden (Kap. 4.3, Bild 3) und der Norm-Heizlast des Gebäudes bestimmt werden. Ist die Norm-Heizlast des Gebäudes nicht bekannt, kann sie **überschlägig** (approximately) mit der spezifischen Heizlast und der beheizten Wohnfläche ermittelt werden (Bild 1).

$$Q_a = b_v \cdot \Phi_{HL,Geb}$$

$$\Phi_{HL,Geb} = q \cdot A$$

Q_a : Jahreswärmebedarf in $\frac{kWh}{a}$

b_v : Jahresvollbenutzungsstunden in $\frac{h}{a}$

$\Phi_{HL,Geb}$: Norm-Heizlast des Gebäudes in KW

q : spezifische Heizlast

A : beheizte Wohnfläche in m^2

Beispiel

Die Norm-Heizlast $\Phi_{HL,Geb}$ eines Einfamilienhauses in Passau beträgt 15 kW. Es wird mit einem Niedertemperaturkessel mit Ölgebläsebrenner (Heizöl EL) beheizt. Der Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlage η_{aAnl} beträgt 84 %. Berechnen Sie den voraussichtlichen Jahresbrennstoffbedarf in Liter.

Lösung:

geg: $\Phi_{HL,Geb} = 15 \text{ kW}; \eta_{aAnl} = 0,84; H_i = 10 \frac{kWh}{l}$

(Kap. 1, Bild 2);

$b_v = 1400 \frac{h}{a}$ (Kap. 4.3, Bild 3)

ges: B_a

$$Q_a = b_v \cdot \Phi_{HL,Geb}$$

$$Q_a = 1400 \frac{h}{a} \cdot 15 \text{ kW}$$

$$Q_a = 21000 \frac{kWh}{a}$$

$$B_a = \frac{Q_a}{H_i \cdot \eta_{aAnl}}$$

$$B_a = \frac{21000 \text{ kWh}}{10 \frac{kWh}{l} \cdot 0,84}$$

$$B_a = \frac{21000 \text{ kWh} \cdot l}{10 \text{ kWh} \cdot 0,84}$$

$$B_a = 2500 \text{ l}$$

Gebäudeart	Gebäudealtersklassen						
	bis 1958	ab 1959	ab 1969	ab 1974	ab 1978	ab 1984	ab 1999
	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{W}{m^2}$
Einfamilienhaus freistehend	180	170	150	115	95	75	60
Reihenhaus Endhaus	160	150	130	110	90	70	55
Mittelhaus	140	130	120	100	85	65	50
Mehrfamilienhaus bis 8 WE	130	120	110	75	65	60	45

1 Spezifische Heizlast q in $\frac{W}{m^2}$ – Erfahrungswerte

Der **Jahreswärmebedarf für die Trinkwassererwärmung** wird bestimmt vom jährlichen Bedarf an erwärmtem Trinkwasser und vom Temperaturunterschied zwischen kaltem und erwärmtem Trinkwasser. Bei Wohngebäuden ist ein Trinkwarmwasserbedarf von 30 bis 60 Litern pro Person und Tag bei einer Temperatur von 45 °C anzusetzen.

$$Q_a = m_a \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Q_a : Jahreswärmebedarf in $\frac{Wh}{a}$

m_a : Jahresbedarf an erwärmtem Trinkwasser in $\frac{kg}{a}$

c : spezifische Wärmekapazität in $\frac{Wh}{kg \cdot K}$

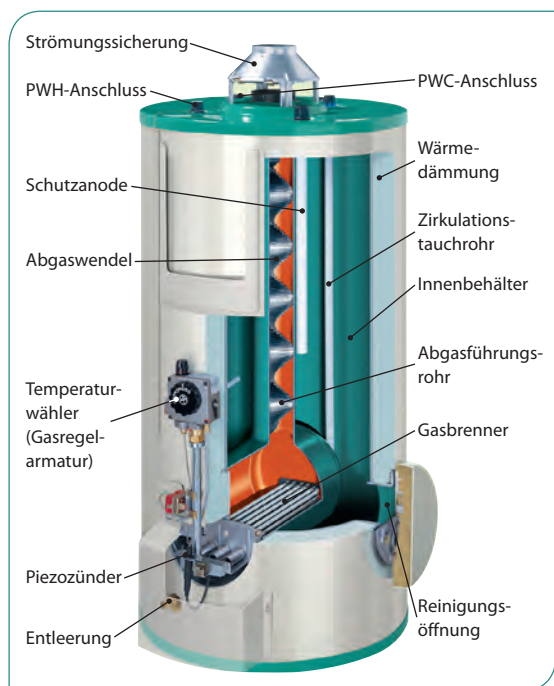
$\Delta\theta$: Temperaturunterschied zwischen kaltem und erwärmtem Trinkwasser in K



4 Trinkwassererwärmung durch Gasgeräte – direkt beheizt

4.1 Speicher-Trinkwassererwärmer (VWH)

Gas-Speicher-Trinkwassererwärmer (**unvented gas storage heaters**) – in den TRGI **Vorratswasserheizer (VWH)** genannt – werden dort eingesetzt, wo regelmäßig größere Mengen erwärmtes Trinkwasser zur Verfügung stehen müssen, z. B. in Sportheimen, Gaststätten, Hotels, aber auch im Wohnungsbau (Bild 1). Sie halten erwärmtes Trinkwasser auf Vorrat und liefern bei Bedarf große Volumenströme mit hoher Temperatur.



1 Gas-Speicher-Trinkwassererwärmer

Gas-Speicher-Trinkwassererwärmer sind sowohl für druckfeste als auch für drucklose Installation geeignet. Bei der Aufstellung ist zu beachten, dass Gas-Speicher-Trinkwassererwärmer zu den raumluftabhängigen Gasgeräten (Art B) (**open flued gas appliances**) gehören. Aufgrund der eingebauten Strömungssicherung (**draught diverter**) müssen neben dem Schutzziel 2 (**protection objective/aim**) auch das Schutzziel 1 erfüllt sein. Bei der Wahl des Aufstellortes ist darauf zu achten, dass die Verbrennungsluft frei von chemischen Stoffen ist, da diese im ungünstigen Fall zu Korrosion führen können.

Gegenüber geschlossenen indirekt beheizten (**unvented indirectly heated storage heater**) Speicher-Trinkwassererwärmern haben VWH den Vorteil, dass sie unabhängig von der Heizungsanlage sind. In den Sommermonaten kann folglich der Heizkessel abgeschaltet werden. Außerdem benötigen

sie keinen Stromanschluss. Allerdings sind ihre Bereitschaftsverluste (**stand-by losses**) hoch, weil sie über die Strömungssicherung im Stillstand auskühlen.

Im Gegensatz zu elektrisch beheizten Speicher-TWE benötigen Gas-Speicher-Trinkwassererwärmer eine Abgasanlage, um die Abgase abzuführen. Da der Gas-Anschlusswert (**connected gas flow rate**) dieser Geräte relativ niedrig ist, sind die Aufheizzeiten entsprechend lang, aber ihr Einsatz auch bei schwach dimensionierten Gasleitungen möglich. Ihre Nennwärmeleistungen (**nominal heat capacities**) liegen je nach Speichergröße zwischen 6 kW und 9 kW und sind damit wesentlich kleiner als die der Durchfluss-Trinkwassererwärmer (Bild 2).

Gas-Vorratswasserheizer (VWH)	130	160	190	220		
Nennwärmeleistung	6,13	7,25	8,20	8,60	kW	
Nennwärmebelastung bezogen auf Heizwert H_i	6,80	8,00	9,00	9,50	kW	
Nenninhalt V_s	130	160	188	220	l	
Warmwasserleistungskennzahl ¹⁾	1,0	1,5	1,8	2,5	N_L	
Warmwasserdauerleistung	155	179	202	212	l/h	
Anschlusswert bei	Erdgas LL	0,84	0,98	1,11	1,17	$\frac{m^3}{h}$
	Erdgas E	0,72	0,85	0,95	1,00	$\frac{m^3}{h}$
	Flüssiggas B/P	0,53	0,63	0,70	0,95	$\frac{kg}{h}$
Anschlussdruck (Gasfließdruck)	bei Erdgas		20		mbar	
	bei Flüssiggas		50			
Gasanschluss	RP $\frac{1}{2}$					
Abgasmassenstrom	18	21	24	25	$\frac{kg}{h}$	
Abgastemperatur	120	145	145	140	°C	
Zugbedarf	0,05				mbar	
Abgasanschluss	90				Ø mm	
Wasseranschluss	R $\frac{3}{4}$					
Zulässiger Betriebsüberdruck	10				bar	
Aufheizzeit für $\Delta\theta = 50$ K	72	79	77	83	min	
Leergewicht	68	76	83	91	kg	
Gesamtgewicht	198	236	271	311	kg	

2 Speichergrößen

Der Speicherbehälter ist auf der Trinkwasserseite emailliert (**enamelled**) und mit einer Magnesiumanode zusätzlich gegen Korrosion geschützt.

Die Wärmeübertragung an das Trinkwasser erfolgt über die Brennkammer und das Abgasführungsrohr (**primary flue**). Durch Verwirbelung der Abgase in der Abgaswendel (**flue baffle**) wird eine gleichmäßigere Wärmeabgabe an die

¹⁾ Berechnung Kap 10.1.1

2.5.1 Einstellung eines atmosphärischen Gasbrenners

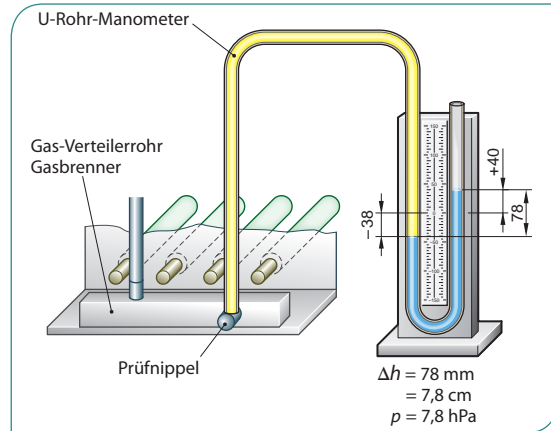
Düsendruckmethode

Der einem atmosphärischen Gasbrenner zugeführte Wärmestrom, die Wärmebelastung, hängt bei gleich bleibenden Gasdüsen, Temperaturen und Druckbedingungen nur vom **Düsendruck** (nozzle pressure) und dem **Wobbe-Index** des Brenngases (vgl. Kap. 1.3) ab.

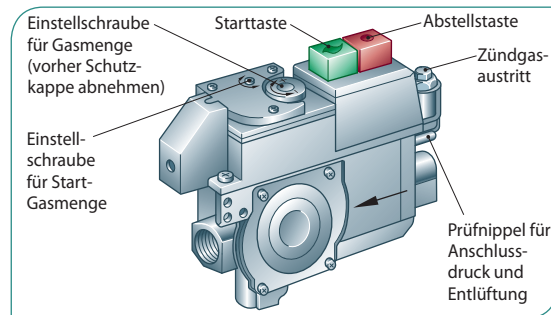
Der für eine bestimmte Wärmebelastung erforderliche Düsendruck wird entsprechend dem Wobbe-Index aus der **Düsendrucktabelle** des jeweiligen Herstellers entnommen (Bild 1).

Zur Messung und Einregulierung des Düsendrucks wird ein **U-Rohr-Manometer** (u-tube manometer) am Prüfnippel für den Düsendruck in unmittelbarer Nähe der Düse angeschlossen (Bild 2) und der Brenner in Betrieb genommen. Bei abweichendem Düsendruck wird an der Gaseinstellschraube (gas adjusting screw) der erforderliche Druck eingestellt (Bild 3).

Nach der Einstellung wird das U-Rohr-Manometer abgenommen (Gerät nicht in Betrieb), die Schraube im Prüfnippel zuge dreht und bei laufendem Betrieb mit einem Schaumbildenden Mittel auf Dichtheit überprüft. Anschließend wird der Geräteanschlußdruck überprüft.



2 Anschluss eines U-Rohr-Manometers



3 Gaseinstellung

MERKE

Vor der Einstellung nach der Düsendruckmethode sollte immer überprüft werden, ob die richtige Düse eingebaut ist.

Gasart		Erdgas							
Gerät	Wobbe Index $W_s =$								
	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$	13,5	13,8	14,2	14,5	15,0	15,2	15,6	
ZR 24 ZWR 24	Max.	14,8	14,1	13,4	12,8	12,0	11,6	11,1	
	85 %	10,7	10,2	9,7	9,2	8,7	8,4	8,0	
	11 kW	3,0	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	
	Start	3,0	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	
	Düsen-Kennz.	110							

1 Auszug Düsendrucktabelle (85 %)

Volumetrische (volumetric) Methode (Bild 1, nächste Seite)

Bei der volumetrischen Methode wird mithilfe des Gaszählers und einer Stoppuhr der erforderliche Einstellwert \dot{V}_E in $\frac{1}{\text{min}}$ gemessen. Der benötigte Einstellwert ist Bild 4 zu entnehmen oder mit folgenden Formeln zu berechnen:

$$\dot{V}_E = \frac{\Phi_{NB}}{H_{i,B}}$$

\dot{V}_E : Einstellwert in $\frac{1}{\text{min}}$
 Φ_{NB} : Nennwärmebelastung in kW
 Φ_{NL} : Nennwärmeleistung in kW
 $H_{i,B}$: Betriebsheizwert in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$
 η : Wirkungsgrad als Dezimalwert

$$\dot{V}_E = \frac{\Phi_{NL}}{\eta \cdot H_{i,B}}$$

Gasart	Erdgas (Gruppe LL und E)									
	bei einem Betriebsheizwert $H_{i,B}$ in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$ (15 °C, 1013 hPa)									
Nennwärmebelastung $\Phi_{NB} = \frac{\Phi_{NL}}{\eta}$ in kW $\eta = 0,89$	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,8	10,0	10,4	10,8	11,2
	entspr. einem Brennwert H_s in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$ (0 °C, 1013 hPa)									
	8,9	9,3	9,9	10,3	10,8	11,2	11,7	12,2	12,7	13,1
	Einstellender Gasdurchfluss \dot{V}_E in $\frac{1}{\text{min}}$									
	10,1	22	21	20	19	18	18	17	16	15
	11,8	26	25	23	22	21	20	20	19	18
	13,5	30	28	27	26	24	23	23	22	21
	15,2	33	32	30	29	28	26	25	24	23
	16,9	37	35	34	32	31	29	28	27	26
	18,5	41	39	37	35	34	32	31	30	29
	20,2	44	42	40	38	37	35	34	32	31
	21,9	48	46	43	41	40	38	37	35	34
	23,6	52	49	47	45	43	41	39	38	36
	25,3	55	53	50	48	46	44	42	41	39
	27,0	59	56	54	51	49	47	45	43	42
	28,7	63	60	57	54	52	50	48	46	44
	30,3	66	63	60	57	55	53	51	49	47
	32,0	70	67	63	61	58	56	53	51	49
	33,7	74	70	67	64	61	59	56	54	52

4 Einstellwerte \dot{V}_E für den Gasdurchfluss (Auswahl)

5 Verbrennungsluftzuführung und Abgasableitung

5.1 Gasgeräte

Die Verbrennungsluftzuführung und die Abgasableitung eines Gasgerätes sind abhängig von der Art des Gerätes (Bild 1, nächste Seite).

Nach TRGI 2018 ist der Begriff Gasgerät die Sammelbezeichnung für Gasgeräte ohne Abgasanlage und Gasfeuerstätten (gas fired heaters), deren Abgase über eine Abgasanlage abgeführt werden.

Gasgeräte der Art B und C werden unterschieden in:

- **Art B:** Gasfeuerstätten mit offener Verbrennungskammer mit und ohne Strömungssicherung und **raumluftabhängiger** (ambient-air dependent) Betriebsweise
- **Art C:** Gasfeuerstätten mit geschlossener Verbrennungskammer und **raumluftunabhängiger** Betriebsweise (room sealed flue operation).

Alle Gasfeuerstätten müssen innerhalb des Geschosses, in dem sie stehen, an einen Schornstein oder eine Abgasanlage angeschlossen werden.

5.1.1 Raumluftabhängige Gasfeuerstätten

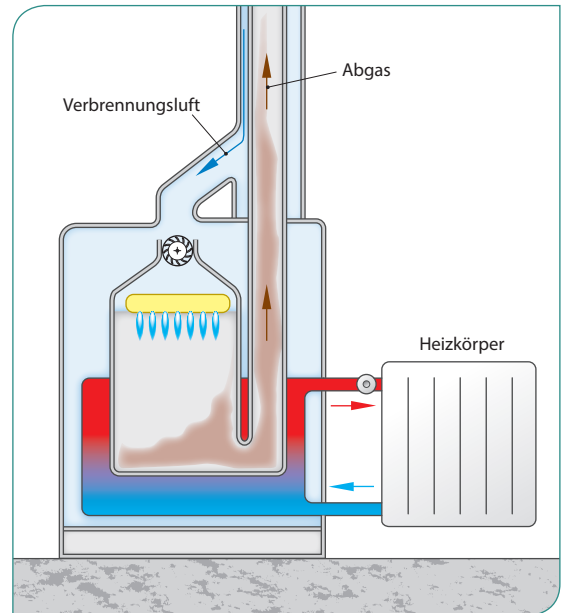
Raumluftabhängige Gasfeuerstätten (Bild 2) entnehmen ihre Verbrennungsluft dem Aufstellraum (installation room) und können ihre Abgase z. B. über Hausschornsteine, Abgasleitungen, frei stehende Schornsteine und Lüftungsanlagen nach DIN 18017 abführen.

Um die Auskühlung des Raumes zu verhindern, ist es bei Gasfeuerstätten mit Strömungssicherung (Art B) (draught diverter) sinnvoll, eine Abgasklappe (vgl. Lernfeldübergreifende Inhalte, Kap. 6.3.2.2) einzubauen.

5.1.2 Raumluftunabhängige Gasfeuerstätten

Zur Energieeinsparung werden neue Gebäude immer luftdichter gebaut und auch bei vielen älteren Gebäuden wird der Wärmeschutz verbessert. Diese Maßnahmen reduzieren jedoch den Luftwechsel (air exchange) in den Wohnungen erheblich. Die Frischluftversorgung der Bewohner und eine ausreichende Verbrennungsluftzufuhr sind deshalb oft nicht ausreichend oder nur mit großem Aufwand zu gewährleisten. Raumluftunabhängige Gasgeräte der Art C gewinnen dadurch immer mehr an Bedeutung (Bild 1).

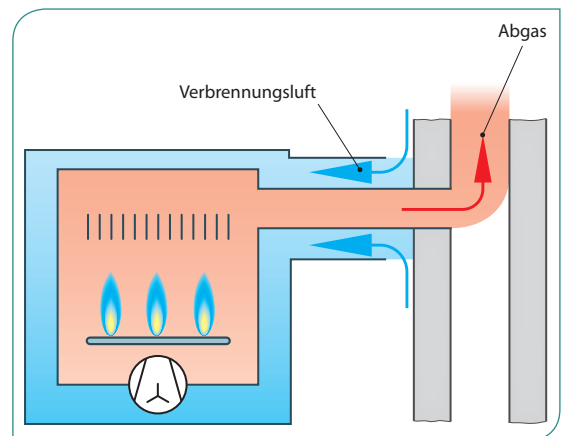
Bei raumluftunabhängigen Geräten ist die Verbrennungskammer (combustion chamber) gegenüber dem Aufstellraum luftdicht abgeschlossen. Die Verbrennungsluft wird unmittelbar von außen zugeführt und die Abgase werden direkt ins Freie geleitet.



1 Raumluftunabhängiger Gasheizkessel

Hierdurch ergeben sich einige Vorteile:

- Die Gasgeräte können unabhängig von der Größe und der Dichtheit des Raumes aufgestellt werden.
- Einrichtungen, die der Wohnung Luft entziehen wie z. B. Dunstabzugshauben (extraction hoods), Wäschetrockner oder offene Kamine, können ohne besondere Maßnahmen gleichzeitig mit der Gasfeuerstätte betrieben werden.
- Es sind keine Öffnungen in Türen erforderlich, damit ausreichend Luft aus Nebenräumen nachströmen kann.
- Verunreinigungen z. B. durch Kochdünste (cooking vapours) haben keinen Einfluss auf die Verbrennung.

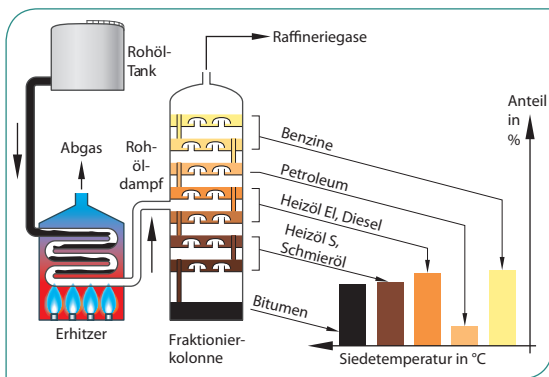


2 Raumluftabhängiges Gasgerät Art B₃₃

1 Flüssige Brennstoffe

1.1 Heizöl

Heizöl (**fuel oil**) wird aus **Erdöl (crude oil)** hergestellt. Es ist – wie Kohle – ein Energieträger, der aus pflanzlichen und tierischen Stoffen vor vielen Millionen Jahren entstanden ist. In der Raffinerie (**refinery**) wird das Erdöl durch sogenannte fraktionierte Destillation in seine Bestandteile zerlegt. Darunter versteht man das Verdampfen der Erdölbestandteile und anschließendes Verflüssigen (Destillieren). Man nutzt dabei die unterschiedlichen Siedetemperaturen der Destillate (**Bild 1**).



1 Vereinfachtes Fließschema der Refination von Rohöl

1.1.1 Einteilung und Eigenschaften

Bei der Herstellung von Heizöl werden in der Raffinerie unerwünschte Bestandteile des Rohöls entfernt, z. B. Schwefel. Grundsätzlich werden folgende Heizölarten unterschieden:

- EL extra leichtflüssiges Heizöl – Standard,
- EL extra leichtflüssiges Heizöl – schwefelarm,
- L leichtflüssiges Heizöl,
- M mittelschwerflüssiges Heizöl,
- S schwerflüssiges Heizöl.

Das extra leichtflüssige Heizöl EL hat für die Beheizung von Wohnungen dabei die größte Bedeutung.

Das Heizöl besteht aus:

- Kohlenstoff C 86,0 %,
- Wasserstoff H 13,0 %,
- Schwefel S 0,1 %,
- Stickstoff N 0,5 %,
- Sauerstoff O₂ 0,2 %.

Die Mindestanforderungen an Heizöl EL sind in DIN 51603-1 „Heizöl EL – Mindestanforderungen“ festgelegt (**Bild 2**). Standardheizöl EL (**standard fuel oil**) und schwefelarmes (**low-sulphur**) Heizöl EL werden auch in **Premium-Qualität** (Premiumheizöl) angeboten.

Eigenschaft	Anforderung
Dichte ρ in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ bei 15 °C	≤ 860
Brennwert H_i in $\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$	$\geq 45,4$
Flammpunkt in °C	> 55
Kinematische Viskosität bei 20 °C ν in $\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$	$\leq 6,00$
Temperaturgrenzwert der Filterbarkeit (CFPP) in °C bei Cloudpoint = 3 °C bei Cloudpoint = 2 °C bei Cloudpoint = 1 °C	≤ -12 ≤ -11 ≤ -10
Koksrückstand von 10% Destillations- rückstand als Massenanteil in %	$\leq 0,3$
Schwefelgehalt EL-Standard als Massenanteil in % als Massenanteil in $\frac{\text{mg}}{\text{kg}}$	$\leq 0,10$ > 50
Schwefelgehalt EL-schwefelarm als Massenanteil in % als Massenanteil in $\frac{\text{mg}}{\text{kg}}$	$\leq 0,005$ ≤ 50
Wassergehalt als Massenanteil in $\frac{\text{mg}}{\text{kg}}$	≤ 200
Gesamtverschmutzung als Massenanteil in $\frac{\text{mg}}{\text{kg}}$	≤ 24
Asche als Massenanteil in %	$\leq 0,01$
Thermische Stabilität (Sediment) als Massenanteil in $\frac{\text{mg}}{\text{kg}}$	≤ 140

2 Anforderungen an Heizöl EL nach DIN 51603-1

Durch Zugabe von Additiven, z. B. Stabilitätsverbessern (Verbesserung der thermischen Stabilität und Lagerstabilität, Verlangsamung der Heizölalterung), Metalldeaktivatoren (Kompensation des negativen Einflusses von Metallen) und Geruchsüberdeckern werden dabei die brennstoffspezifischen Produkteigenschaften verbessert.

Bioheizöl (bio fuel oil) ist schwefelarmes Heizöl, dem mindestens 3 Volumenprozent flüssiger Brennstoff aus nachwachsenden Rohstoffen beigemischt ist. Die normgerechte Bezeichnung für Heizöl mit beispielsweise 3 % Bioanteil lautet: Heizöl EL Bio 3 oder B3. Die Mindestanforderungen, Prüfverfahren, Grenzwerte sowie die Bezeichnung von Bioheizöl ist in der DIN SPEC 51603-6 festgelegt. Bioheizöl darf verwendet werden, sofern Öllagerbehälter und Anlagenkomponenten vom Hersteller für Bioheizöl freigegeben wurden.

1.1.2 Kenndaten von Heizölen

Dichte

Die Dichte ρ (**density**) von Heizöl ist temperaturabhängig und wird laut DIN 51603-1 auf eine Temperatur von 15 °C bezogen.

2 Feste Brennstoffe

2.1 Holzbrennstoffe

2.1.1 Einteilung und Eigenschaften

Holz (timber) ist der älteste Brennstoff der Menschheit. Er wird, da er nachwächst, auch dann noch zur Verfügung stehen, wenn Kohle, Öl und Gas verbraucht sind. Als nachwachsender heimischer Rohstoff gewährleistet er eine nachhaltige und krisensichere Energieversorgung. Das Heizen mit Holz ist CO₂-neutral. Das bedeutet, dass nur so viel Kohlenstoffdioxid in die Umwelt abgegeben wird, wie das Holz während seines Wachstums aufgenommen hat.

Holz wird in Form von **Stück-** bzw. **Scheitholz**, **Holzpellets** und **Hackschnitzel** als Brennstoff genutzt.

Übliche Maßeinheiten sind **Festmeter (fm)** (*solid measure of timber*) für einen Kubikmeter (1 m³) feste Holzmasse ohne Zwischenräume und **Raummeter (rm)** oder **Ster** (*cubic meter of piled timber; stere*) für geschichtete Holzteile, die unter Einschluss der Luftzwischenräume ein Gesamtvolumen von einem Kubikmeter füllen. Der Holzanteil eines Raumeters ist von der Stückgröße und -form, sowie der Sorgfalt beim Aufsichten abhängig und kann somit schwanken. Für kleinstückiges Holz, wie z. B. Hackschnitzel, ofenfertig gesägte und gespaltene Holzstücke, wird als Maßeinheit **Schüttraummeter (srm)** (*loose cubic metre*) verwendet. Als Schüttraummeter bezeichnet man lose geschüttetes Holz von einem Kubikmeter. Aufgrund der ungeordneten Holzteile entstehen große Luftzwischenräume. Der Holzanteil eines Schüttraumeters variiert z. B. je nach Größe der Holzteile, der Holzart und der Verdichtung beim Transport. Neben Fest-, Raum- und Schüttraummeter verwendet man Kilogramm und Tonne als Maßeinheit für Holzbrennstoffe. Die Holzmaßeinheit Tonne absolut trocken (to atro) entspricht 1 Tonne absolut trockener Holzmasse mit einem Wassergehalt von 0 %. Die Maßeinheit Tonne lufttrocken (to lutro) entspricht 1 Tonne lufttrockener Holzmasse mit einem Wassergehalt zwischen 12 und 18 %. Die üblichen Umrechnungsfaktoren der Maßeinheiten zeigt die folgende Übersicht (Bild 1).

	to atro	fm	rm	srm
to atro	1	1,7	2,9	4,5 – 4,9
fm	0,6	1	1,4	2,0 – 2,5
rm	0,3	0,7	1,0	1,4 – 1,8
srm	0,2	0,4	0,6	1,0

1 Richtwerte zur Umrechnung der Maßeinheiten gemäß Verband für Holzwirtschaft

Der Heizwert von Holz wird in $\frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$ oder $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$ angegeben. Der **Heizwert je Masseinheit (kg)** hängt im Wesentlichen von der Zusammensetzung des Holzes und dem Wasser-

gehalt, d. h. dem Wasseranteil an der Gesamtmasse ab. Er verringert sich mit zunehmendem Wassergehalt deutlich.

Der **Heizwert je Volumeneinheit (Fest-, Raum-, Schüttraummeter)** hängt von der Dichte des Holzes ab und verringert sich nur wenig mit steigendem Wassergehalt. Holzarten mit hoher Dichte haben folglich höhere Heizwerte.

2.1.1.1 Stück- oder Scheitholz

Stück- oder Scheitholz (Bild 2) (billet wood) ist der bekannteste und älteste Holzbrennstoff. Zur Herstellung von Stück- bzw. Scheitholz werden Baumstämme gespalten und je nach Verwendungszweck auf 20 bis 100 cm lange Stücke gesägt.

Für die Stückholzqualität ist neben der Holzart auch der Wassergehalt entscheidend. Nadelholz weist aufgrund seiner Zusammensetzung einen geringfügig höheren Heizwert je kg auf als Laubholz. Andererseits besitzen Laubholzarten (*hardwood species*) aufgrund ihrer höheren Dichte einen höheren Heizwert je Volumeneinheit als Nadelholzarten (*softwood species*). Die Hartholzarten Eiche und Buche haben – bezogen auf den Raummeter (entspricht gestapeltem Holz von 1 m³ oder 1 Ster) – den höchsten Heizwert unter den heimischen Hölzern (Bild 3).



2 Stück- bzw. Scheitholz

Holzart	Heizwert (bei 15 % Feuchtigkeitsanteil)	
	$\frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kWh}}{\text{Raummeter}}$
Eiche	4,15	1970
Buche	4,15	1910
Birke	4,20	1810
Ahorn	4,25	1670
Kiefer	4,30	1530
Tanne	4,30	1370
Fichte	4,30	1350

3 Heizwerte (Richtwerte) für verschiedene Baum- bzw. Holzarten.

3 Wärmepumpen

3.1 Einleitung

Wärmepumpen (**heat pumps**) nutzen die in der Umwelt, z. B. Luft, Erdreich, Wasser, enthaltene Wärmeenergie zur Beheizung von Gebäuden und zur Trinkwassererwärmung. Dazu muss die Wärme aus der Umwelt über ein Kältemittel (**refrigerant**) auf ein nutzbares Temperaturniveau (**temperature level**) gebracht werden. Dies geschieht im Falle der Kompressions-Wärmepumpe (**compression heat pump**) mithilfe von elektrischer Energie. In den Sommermonaten können Wärmepumpen sehr effizient auch zur Gebäudekühlung eingesetzt werden.

Nach der Bauart und dem Funktionsprinzip werden hauptsächlich Kompressions-, Absorptions- und Adsorptions-Wärmepumpen unterschieden. **Kompressions-Wärmepumpen** (**compression heat pumps**) sind die am häufigsten eingesetzten Wärmepumpen und deshalb werden nur diese im Folgenden beschrieben.

- DIN EN 14511: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern für die Raumheizung und -kühlung
- DIN EN 60335-1/-2-40: Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Besondere Anforderungen für elektrisch betriebene Wärmepumpen, Klimaanlage und Raumluft-Entfeuchter
- DIN EN 12831: Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
- VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes
- VDI 4645: Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern; Planung, Errichtung, Betrieb
- VDI 4650 Blatt 1: Berechnungen von Wärmepumpen, Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen, Elektrowärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung
- Landesbauordnungen
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)

3.2 Normen, Richtlinien, Vorschriften

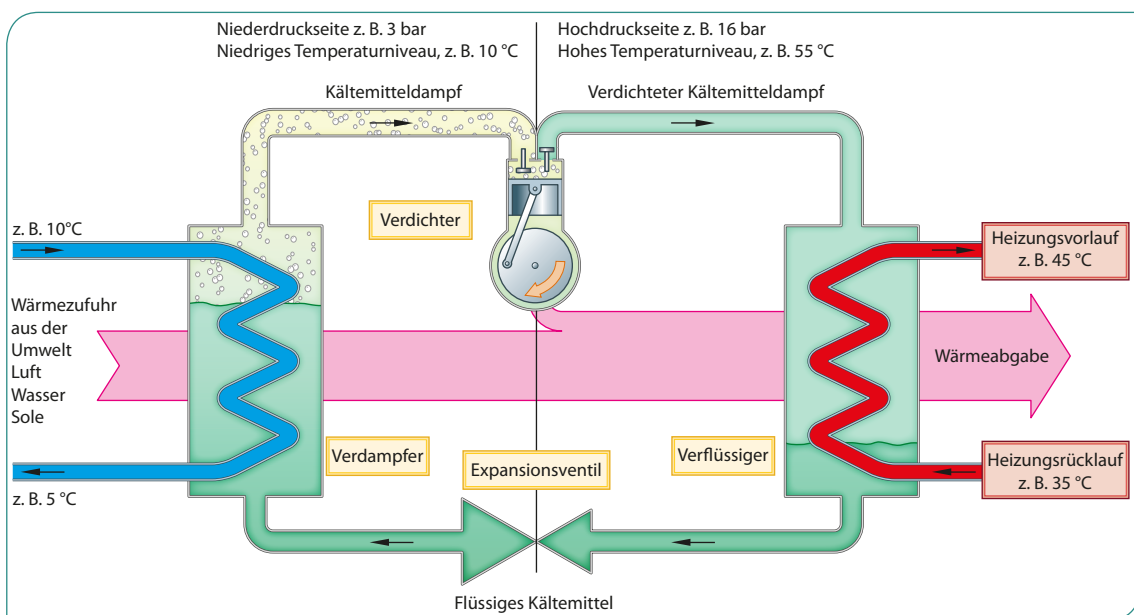
Bei der Auslegung und Errichtung einer Wärmepumpenanlage sind folgende Normen, Richtlinien und Vorschriften zu beachten:

- DIN 8901: Kälteanlagen und Wärmepumpen – Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen und Prüfung
- DIN 8960: Kältemittel – Anforderungen und Kurzzeichen
- DIN EN 378: Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen

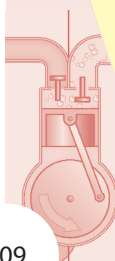
3.3 Aufbau und Funktionsweise

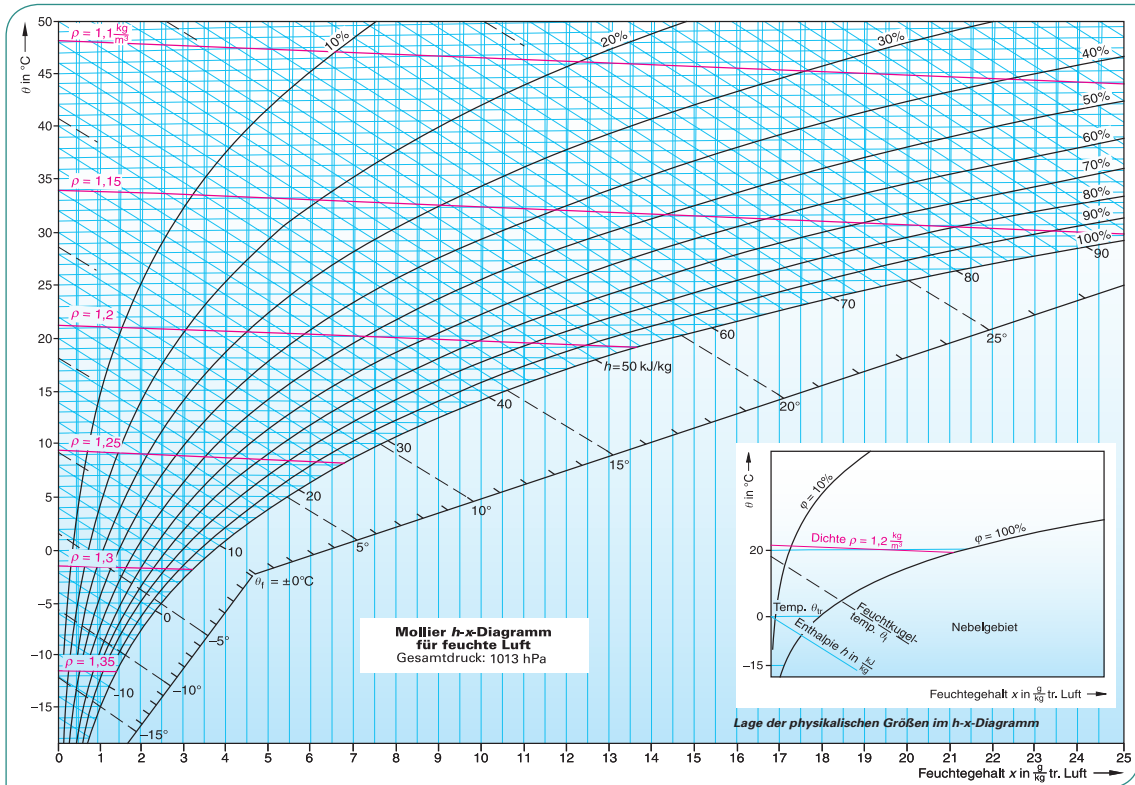
Kompressions-Wärmepumpen bestehen im Wesentlichen aus folgenden Bauteilen (Bild 1).

- Verdampfer (**evaporator**)
- Verdichter (**compressor**) (Kompressor)
- Verflüssiger (**liquefier, condenser**) (Kondensator)
- Expansionsventil (**expansion valve**)
- Rohrsystem mit dem Kältemittel (Kältekreis)



1 Funktionsweise der Wärmepumpe





1 h-x-Diagramm für feuchte Luft von Mollier

7.2 Relative Feuchte φ

Als relative Feuchte φ (relative humidity) wird das Verhältnis des in der feuchten Luft vorhandenen Wasserdampfdrucks p_D zu dem bei gleicher Temperatur bei Sättigung (saturation) vorhandenen Teildruck p_{D_s} bezeichnet.

$$\varphi = \frac{p_D}{p_{D_s}} \cdot 100 \%$$

φ: relative Feuchte in %

p_D : Teildruck des Wasserdampfes in hPa

p_{D_s} : Teildruck des Wasserdampfes bei Sättigung in hPa

Wie die Gleichung zeigt, besitzt die relative Feuchte keine Einheit. Meist wird sie in Prozent angegeben. Die relative Feuchte kann mithilfe eines **Haarhygrometers** (hair hygrometer) (Bild 2) bestimmt werden. Ein Bündel menschlicher Haare wird dabei in einer Einspannvorrichtung der feuchten Luft ausgesetzt. Die Haare werden von der Feuchtigkeit durchdrungen und erfahren eine entsprechende Längenänderung (hygroskopisches Verhalten), über eine Zeigermechanik kann der jeweilige momentane Sättigungszustand (state of saturation) der Luft abgelesen werden.

Die relative Feuchte kann auch als das Massenverhältnis der vorliegenden Wasserdampfmasse x (Absolutfeuchte oder Feuchtegrad x) zu der bei gleicher Temperatur vorliegenden maximal in der feuchten Luft existierenden Wasserdampfmasse x_s bei Sättigung ausgedrückt werden.

$$\varphi = \frac{x}{x_s} \cdot 100 \%$$

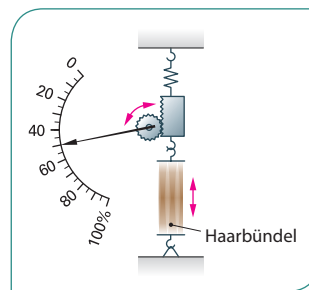
φ: relative Feuchte in %

x : Absolutfeuchte in $\frac{g}{kg}$

x_s : Absolutfeuchte bei Sättigung in $\frac{g}{kg}$

Beispiel aus dem h-x-Diagramm:

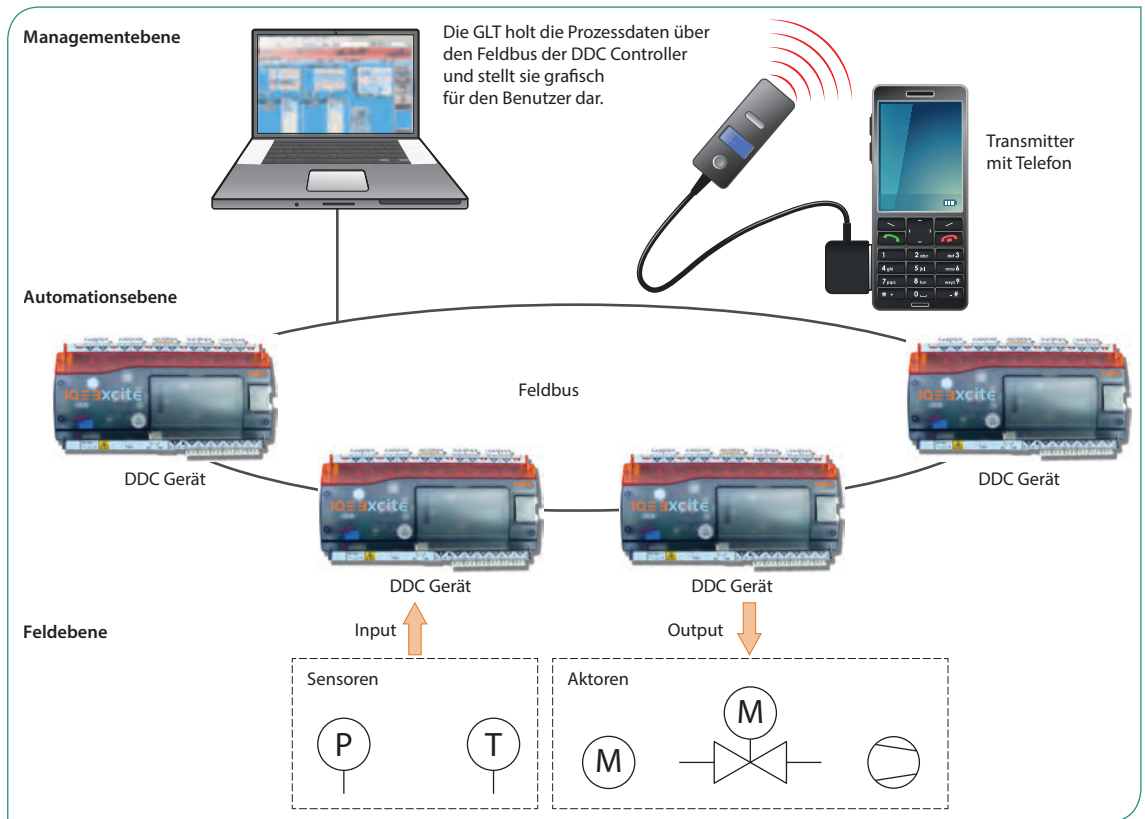
Durch Ablesen wird bei einer Temperatur der feuchten Luft $\theta = 25^\circ\text{C}$ und einer relativen Feuchte $\varphi = 10\%$ sowie einer zugehörigen Wasserdampfmasse $x = 2\text{ g/kg}$ eine maximale Wasserdampfmasse $x_s = 20\text{ g/kg}$ bei Sättigung ermittelt (Bild 1, nächste Seite).



2 Haarhygrometer

Probe:

$$\varphi = \frac{x}{x_s} \cdot 100 \% = \frac{2\text{ g} \cdot \text{kg}}{20\text{ g} \cdot \text{kg}} \cdot 100 \% = 10 \%$$



1 Schema einer Gebäudeautomation

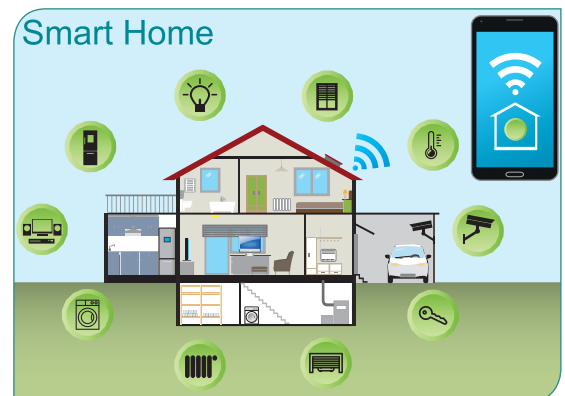
- Objektleitung
- Überwachen, Messen, Steuern, Regeln
- Bedienen
- Optimieren
- Instandhalten
- Beheben von Störungen
- Erfassen von Verbrauchswerten
- Dokumentation

Erst das Zusammenspiel von aufeinander abgestimmten Komponenten durch die Gebäudeleittechnik gewährleistet einen optimalen Energieeinsatz, einen hohen Komfort und eine große Betriebssicherheit. Zukünftige Entwicklungen werden die gesamte Haustechnik mit in die Automation einbeziehen wie z. B. die Steuerung von Jalousien und Beleuchtung, das Öffnen und Schließen von Fenstern und Gebäudesicherungs- und schließsysteme (Bild 1, S. 392).

4.2.6 Das intelligente Haus (Smart Home)

Die unter Kapitel 4.2.5 beschriebene, in Großanlagen installierte Technologie wurde in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt und so ebenfalls auf kleinere Wohneinheiten zugeschnitten (siehe auch Bild 1, S. 392). Inzwischen können Haushalts- und Multimediageräte (domestic and multimedia appliances) sowie Sicherheitssysteme (Alarmanlagen, Rauchmelder usw.) miteinander kommunizieren

und aus der Ferne gesteuert werden (Bild 2). Diese in der Fachsprache auch mit „Smart Home“ bezeichnete Technologie kann über automatisierte Vorgänge (automated processes), z. B. mittels Smartphone, Tablet oder Sprachbefehle, Geräteeinstellungen verändern bzw. optimieren. Da nahezu jeder Haushalt heute Smartphones nutzt, bieten sich Funkstandards wie WLAN und Bluetooth als Übertragungsmedien an. „Dinge“ können interagieren (interact), d. h. sie können sich untereinander und mit den Bedienern verständigen.



2 Das intelligente Haus (Smart Home)

5 Wartung eines Holzvergaserkessels

5.1 Wartungsarbeiten bei jeder Befüllung

- **Reinigungshebel** vor jeder Befüllung (*filling*) circa zehnmal **auf und ab bewegen** (Bild 1). Dabei werden die Wirbulatoren in den Wärmeübertragerrohren auf und ab bewegt und die Wärmeübertragerflächen gereinigt. Die abgestreifte Flugasche (*fly ash*) fällt in den Aschesammelkanal.
- **Anlagendruck am Manometer kontrollieren** (vgl. Lernfeldübergreifende Inhalte, Kap. 5.1)



1 Reinigung der Wärmeübertragerrohre

5.2 Wartungsarbeiten in Abständen von ein bis zwei Wochen

- **Füllraum, Brennkammer und Ascheabsetzkanal entaschen**
Wenn die Asche in die Nähe der Primärluftlöcher gelangt, ist sie aus dem Füllraum (*charge pot*) durch den Rost (*grate*) in die Brennkammer zu schüren (Bild 2). Etwa 3 bis 5 cm Asche und unausgebrannte Holzkohle (*charcoal*) zur Gluterhaltung sind im Füllraum zu belassen. Anschließend ist die Asche aus der Brennkammer und dem Ascheabsetzkanal zu entfernen. Im Brennraum sollen circa 1 cm Asche und unausgebrannte oder glühende Holzkohlestücke verbleiben, da die Ascheschicht den Brennraumboden (*bottom of combustion chamber*) vor zu schnellem Verschleiß schützt und die Holzkohle beim nächsten Feuerzyklus verbrennt. Der Ascheabsetzkanal ist vollständig zu entaschen. Sind die Ascheabsetzkanalwände schwarz verrußt, wurde entweder mit zu viel Holz bei zu geringer Wärmeabnahme geheizt, beim Anheizen schlecht gezündet oder die Lambda-sonde (*lambda probe*) liefert falsche Werte.

MERKE

Brandgefahr

Keine glühende Asche in den Müll geben. Heiße Asche nur in einen feuerfesten Metallbehälter füllen.

- **Verkleidung und Bedienplateau** mit einem feuchten Tuch und eventuell einem handelsüblichen Haushaltsreiniger reinigen.



2 Kesselinnenräume

5.3 Jährliche Wartungsarbeiten

- **Restsauerstoffanzeige kontrollieren**
Kessel einschalten und Kesseltüren (*boiler doors*) öffnen; bei geöffneten Kesseltüren ohne Verbrennung muss nach einer vorgegebenen Zeit, z. B. fünf Minuten, ein Mindestrestsauerstoffwert (*minimal residual oxygen level*) von z. B. 18 % angezeigt werden. Weicht der angezeigte Wert vom vorgegebenen gerätespezifischen Wert ab, ist der Kundendienst zu kontaktieren.
- **Türen auf Dichtheit prüfen**
Die Kesseltüren sollten sich nur mit einem entsprechenden Kraftaufwand schließen lassen. Die Dichtkanten der Türrahmen müssen einen eindeutigen Abdruck in der Dichtschnur hinterlassen. Besonders genau ist die Dichtung (*sealing*) zwischen Schwelgasabsaugkanal und Füllraumöffnung zu prüfen (Bilder 1 und 2, nächste Seite). Farbabweichungen an der Dichtschnur weisen auf undichte Stellen hin; bei Undichtheit wird außerdem die Flamme eines Feuerzeugs bei eingeschaltetem Saugzuggebläse (*induced draught ventilator*) angesaugt. Undichtheiten können in der Regel durch Nachstellen der Scharniere und Schließrollenhalter beseitigt werden.

