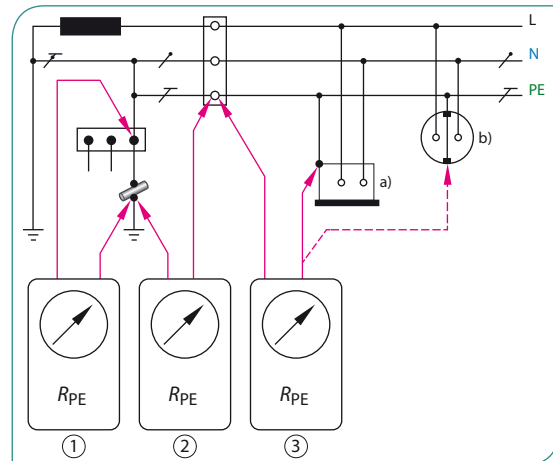


1 Widerstandskennlinie eines PTC-Widerstandes



2 Messanordnung für die Prüfung der Niederohmigkeit des Schutzleiters

2.2 Messungen vor der Erst-inbetriebnahme der elektrischen Anlage oder nach einer Änderung

Vor der Erstinbetriebnahme oder nach einer Änderung bzw. Erweiterung einer elektrischen Anlage oder eines Betriebsmittels muss deren ordnungsgemäßer Zustand nach DIN VDE 0100 Teil 600 durch eine Elektrofachkraft geprüft werden.

Prüfen (check) umfasst in der Reihenfolge das

- **Besichtigen (inspect)**: hierbei handelt es sich um eine visuelle Prüfung der Anlage
- **Erproben (test)**: hierbei werden Schutzeinrichtungen, Schalter, Melde- und Anzeigeeinrichtungen usw. auf Eignung und Funktion überprüft
- **Messen**: Da die Erprobung noch keinen Aufschluss über die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen gibt, muss diese Wirksamkeit nachgewiesen werden.

Im Folgenden sollen beispielhaft zwei unterschiedliche Prüfungen beschrieben werden.

2.2.1 Messen der Niederohmigkeit (Durchgängigkeit) des Schutzleiters

Beim Messen auf Niederohmigkeit des Schutzleiters (**safety conductor**) muss geprüft werden, ob auf seiner gesamten Länge eine gute durchgängige Leitfähigkeit (**conductivity**) vorhanden ist (Bild 2). Da der Anlagenmechaniker nur bestehende elektrische Anlagen erweitert, kommen für ihn i. d. R. nur die Varianten 3 a) u. b), Bild 2, in Frage. Hierbei handelt es sich um die Prüfung der Niederohmigkeit des Schutzleiters (PE) zwischen einer Abzweigdose (**junction box**) und dem „Verbraucher“¹⁾ (a) bzw. einer Steckdose (**socket**) (b).

Der Richtwert beträgt je nach Leitungsquerschnitt, Material und Länge $R_{PE} \leq 0,1 \Omega$ (Bild 3).

Handelt es sich um die Prüfung des Schutzleiters an Zuleitungen für ortsveränderliche Geräte (z.B. transportable Wasseraufbereitungsgeräte) oder nicht ortsveränderliche Geräte wie z.B. elektrische Durchflusserwärmer, Umwälzpumpen etc., so gelten folgende Grenzwerte:

- $0,3 \Omega$ bei ortsveränderlichen Geräten mit einer maximalen Leitungslänge von 5 m zuzüglich $0,1 \Omega$ je weitere 7,5 m und
- $1,0 \Omega$ bei ortsfesten Geräten.

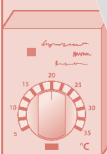
Anm.:

Das Messen muss mit geeigneten Messgeräten erfolgen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass analoge und digitale Multimeter mit Widerstandsmessbereichen wegen ihrer unterschiedlichen Innenwiderstände die Bedingungen nicht erfüllen und daher auf Niederohmmessgeräte (Bild 1, nächste Seite) zurückgegriffen werden muss.



3 Messen der Niederohmigkeit des Schutzleiters

¹⁾ Der vielfach genutzte Begriff „Verbraucher“ müsste eigentlich durch „Last“ ersetzt werden, da Energie nicht verbraucht, sondern umgewandelt wird.



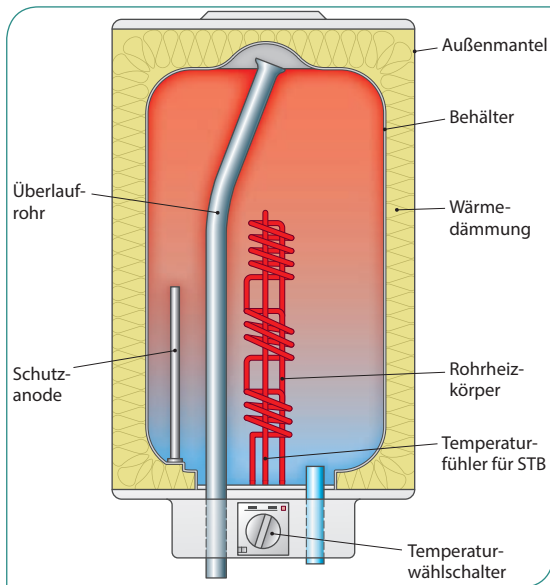
3.3.3 Durchflussspeicher

Der geschlossene Durchflussspeicher-Trinkwassererwärmer (**unvented instantaneous point-of-use water heater**) vereint die Vorteile eines Durchfluss-TWE (vgl. Kap. 3.4) mit denen eines Speicher-TWE.

Das Gerät verfügt über zwei Heizstufen (**heating levels/settings**), die je nach manueller Einstellung folgende Betriebsweisen zulassen (**Bild 1**):

- a) **Zweikreisbetriebsweise bei Normaltarif**
 - Aufheizung mit 3,5 kW bei geringer Entnahmemenge
 - Aufheizung mit 21 kW bei hoher Entnahmemenge
- b) **Zweikreisbetriebsweise bei Niedrig- und Normaltarif**
 - Aufheizung bei Niedrigtarif mit 3,5 kW
 - Aufheizung bei Normaltarif mit 21 kW
- c) **Einkreisbetriebsweise bei Normaltarif**
 - Aufheizung immer mit 21 kW

Es werden Durchflussspeicher mit einem Nenninhalt von z. B. 30 l und 100 l angeboten. Sie sind für die Warmwasserversorgung mehrerer Entnahmestellen geeignet (Gruppenversorgung). Bei der Betriebsweise mit 21 kW steht bei einer Aufheizung des Trinkwassers von z. B. 10 °C auf 38 °C eine Entnahmemenge von ca. 9 l/min bis 12 l/min im Dauerbetrieb (**continuous operation**) zur Verfügung.

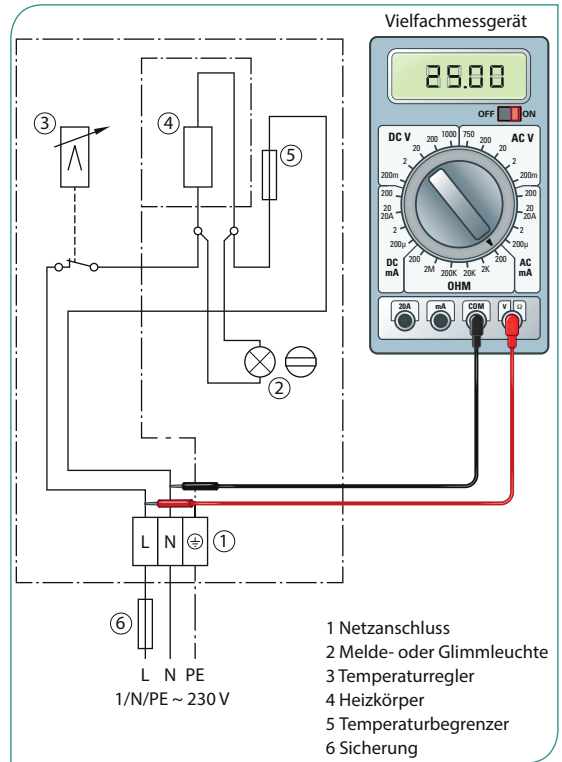


1 Durchflussspeicher

3.3.4 Störungssuche

Die einwandfreie Funktion von Speichern-TWE kann durch elektrische Störungen (**electric failures/malfunctions**) beeinträchtigt oder nicht gewährleistet werden. Mit Hilfe eines Vielmessgerätes (**multimeter**) lassen sich diese Störungen feststellen.

Anhand eines Stromlaufplans soll die Störungssuche (**fault finding**) durch eine Widerstandsmessung (**resistance measurement**) am Beispiel eines offenen 10-Liter-Speichers erläutert werden (**Bild 2**). Es ist folgendermaßen vorzugehen:



2 Stromlaufplan eines offenen 10-Liter-Speichers

- Unterbrechung der Spannungsversorgung
- Sichern gegen unbefugtes Wiedereinschalten
- Öffnen des Gerätes
- Lösen der internen Anschlüsse an der Netzanschlussklemme (Pos. 1)
- Meldeleuchte (**signal lamp**) abklemmen (Pos. 2), da ansonsten bei defektem Heizwiderstand ihr Widerstand angezeigt wird (Parallelschaltung)
- Stellung des Temperaturreglers auf Höchststufe (Pos. 3)
- Anschluss eines Vielmessgerätes zur Prüfung eines Heizwiderstandes

Als Ergebnis der Messung und Überprüfung wird bei einem intakten Heizelement ein „endlicher“ Widerstandswert (**finite resistance value**) von z. B. 25 Ω abgelesen (**Bild 2**).

Liegt ein Defekt z. B. in Form eines Leitungsbruches vor (der Heizwiderstand im Heizelement ist z. B. durchgebrannt), ergibt eine Widerstandsmessung den Wert ∞ (unendlich (**infinite**)).

MERKE

Bei elektrischen TWE mit Glüh-Meldeleuchte muss diese nicht abgeklemmt werden, da im Falle eines defekten Heizwiderstandes keine leitende Verbindung (Funken-sprung) innerhalb der Leuchte besteht.

starken Pumpe unter **hohem Druck** mit einem **großen Volumenstrom** zu befüllen und zu spülen. Außerdem sollte ein **zentraler Luftabscheider** in die Vorlaufleitung im Aufstellraum (*installation room*) in Fließrichtung vor den Wärmeübertrager im Speicher eingebaut werden (Bild 1, vgl. Kap. 6.3.7, Bild 2). Ist das Befüllen und Spülen unter hohem Druck nicht möglich, muss ein Entlüfter an höchster Stelle vorgesehen werden.

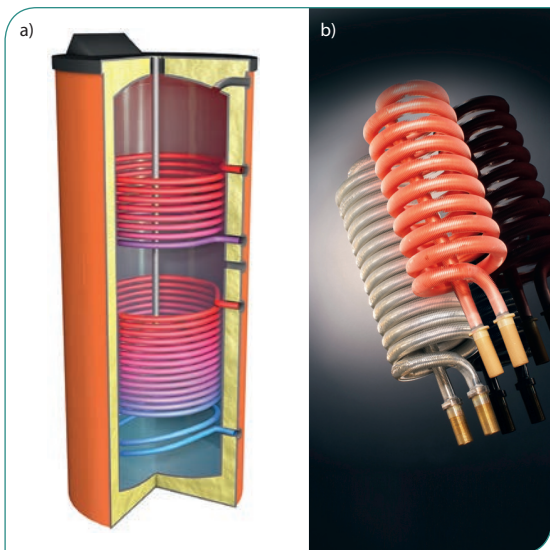


1 Luftabscheider

Entlüfter müssen glykol-, korrosions- und temperaturbeständig bis 150 °C, bis 10 bar druckbeständig und langlebig sein. Dies wird durch Ganzmetallentlüfter erreicht.

6.3.7.7 Solarkreiswärmeübertrager

Als Solarkreiswärmeübertrager werden im Speicher Glattrohr- und Rippenrohrwärmeübertrager angeboten (Bild 2). Sie sollten grundsätzlich senkrecht eingebaut werden, da so



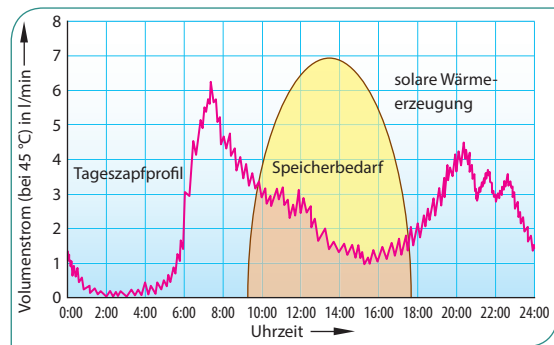
2a) Glattrohr- und

b) Rippenrohrwärmeübertrager

die Schichtung im Speicher besser unterstützt wird (Bild 1, nächste Seite).

6.3.7.8 Solarspeicher

Mit einem konventionellen Wärmeerzeuger, z.B. einem Brennkessel, kann die von einer Familie benötigte Trinkwarmwassermenge zu jedem Zeitpunkt mit der gewünschten Temperatur zur Verfügung gestellt werden. Mit einer thermischen Solaranlage ist das nicht ohne weiteres möglich, denn die Sonne scheint nicht bedarfsgerecht (*user friendly*); mal gibt es ein Überangebot an solarer Wärme, mal scheint sie zu wenig. Die Spitzenwerte (*peak values*) des Trinkwarmwasserverbrauchs liegen üblicherweise in den Morgen- und Abendstunden, das Energieangebot der Sonne ist aber zur Mittagszeit am größten (Bild 3). Deshalb ist es wichtig, dass das Energieüberangebot gespeichert wird (*be stored*), um es in strahlungsarmen Zeiten nutzen zu können.



3 Tagesverlauf Nutzwärmebedarf und Strahlungsangebot

Ideal wäre eine **Langzeitspeicherung**, was aber wegen des großen Platzbedarfs und der hohen Kosten noch wenig genutzt wird. Da es eine Vielzahl unterschiedlichster Speicherarten gibt, wird im Folgenden nur die **Kurzzeitspeicherung** in üblichen Standardsolarspeichern und in Thermosiphonspeichern behandelt.

6.3.7.8.1 Standardsolarspeicher

Neuanlagen werden in der Regel mit einem bivalenten Speicher-Trinkwassererwärmer ausgerüstet (Bild 1, nächste Seite, vgl. Kap. 4.2.4.4).

Bivalente Speicher sind an die öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen, also mit Trinkwasser gefüllt und stehen unter dem gleichen Druck wie das Trinkwassernetz (meist 6 bar). Da bei Wasserentnahme ständig frisches, sauerstoffreiches Wasser aus dem Trinkwassernetz (*drinking water network*) nachfließt, müssen sie korrosions- und druckbeständig bis 10 bar sein. Sie bestehen deshalb meist aus rostfreiem oder emailliertem (*enamelled*) Stahl. Wird emaillierter Stahl verwendet, ist eine Opfer- oder Fremdstromanode (*impressed current anode*) als zusätzlicher Korrosionsschutz erforderlich (vgl. Kap. 2.4.2), um Schäden in der Emaillierung ausgleichen zu können.

In Ein- und Zweifamilienhäusern sind Trinkwasserspeicher mit einem Fassungsvermögen von **300 l bis 500 l** üblich.

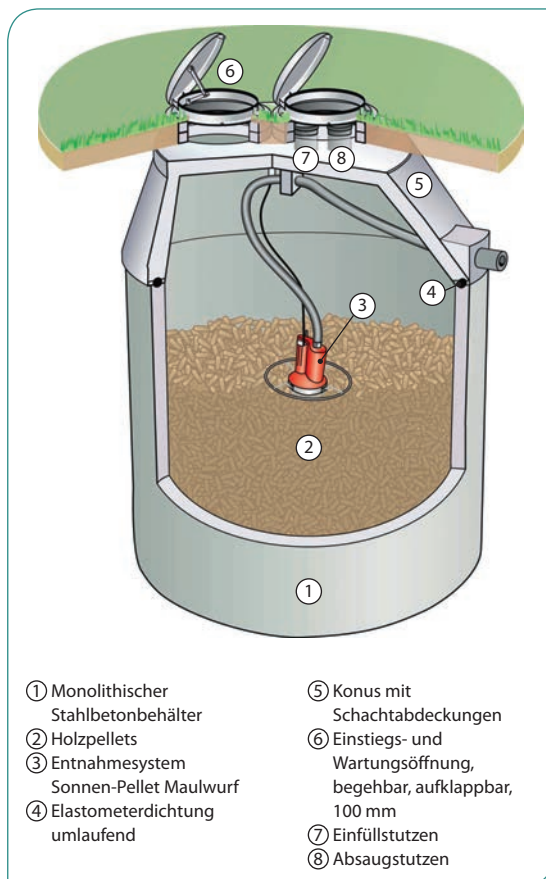
2 Bereitstellung von festen Brennstoffen

ne Platz kann dadurch optimal ausgenutzt werden. Je nach verfügbarem Platz können 2 t bis 10 t Pellets gelagert werden.

2.2.2.3 Erdtanks (Erdsilos)

Die unterirdische Lagerung (**underground storage**) außerhalb des Gebäudes bietet sich an, wenn keine Lagermöglichkeit innerhalb des Hauses besteht. Erdtanks (**underground tanks/silos**) werden aus Beton oder Kunststoff angeboten (Bild 1). Sie müssen absolut wasserdicht sein. Die Entnahme erfolgt im Saugsystem entweder von oben über einen Pellet-Maulwurf (Bild 1 und 2) oder von unten. Erdtanks mit unterer Entnahme sind im unteren Bereich kugel- oder trichterförmig (**spherical or funnel-shaped**), so dass die Pellets bis zum tiefsten Punkt nachströmen können. Je nach Hersteller werden die Pellets im Ansaugbereich z.B. durch Rückluft oder Rührwerke (**agitators**) aufgelockert. Da Erdtanks luftdicht sind, muss die bei der Befüllung einströmende Einblasluft mittels Sauggebläse wieder abgesaugt werden.

Durch die Lagerung der Pellets im Erdreich verliert man keinen Raum im Gebäude und Staub sowie Gerüche kommen beim Befüllen nicht ins Haus. Außerdem gewährleistet die Lagerung im Erdtank optimalen Brandschutz. Allerdings sind die Kosten wesentlich höher und das Austragungssystem schwer zugänglich.



- | | |
|---|---|
| ① Monolithischer Stahlbetonbehälter | ⑤ Konus mit Schachtdeckungen |
| ② Holzpellets | ⑥ Einstiegs- und Wartungsöffnung, begehbar, aufklappbar, 100 mm |
| ③ Entnahmesystem Sonnen-Pellet Maulwurf | ⑦ Einfüllstutzen |
| ④ Elastometerdichtung umlaufend | ⑧ Absaugstutzen |

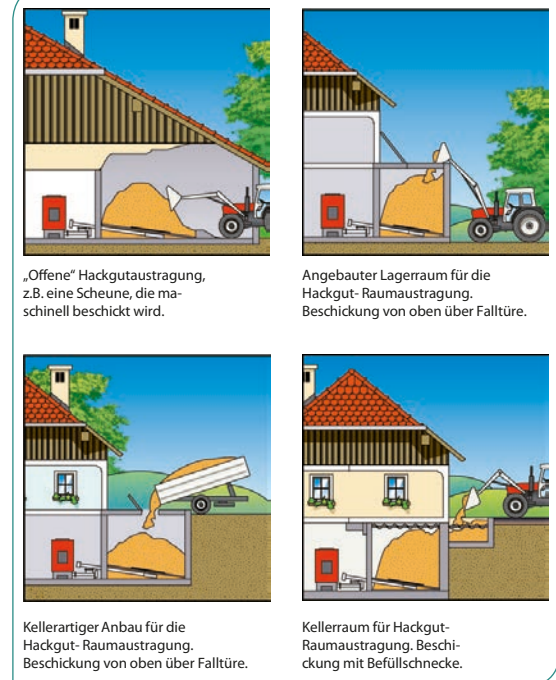
1 Unterirdischer Holzpellettspeicher mit oberer Entnahme



2 Pellet-Maulwurf

2.3 Lagerung von Hackgut, Säge- und Hobelspänen

Je nach baulichen Gegebenheiten gibt es verschiedene Möglichkeiten Hackgut und Späne (**wood chips and shavings**) so zu lagern, dass sie mit einem Bodenrührwerk und einer Austragungsschnecke (vgl. LF 9, Kap. 5.2.1.1) dem Heizkessel zugeführt werden können (Bild 3).



3 Hackschnitzel- und Spänelagerung





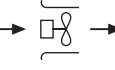
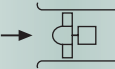
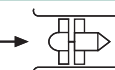
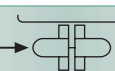
2.4 Kohle

Kohle (**coal**) muss trocken gelagert werden. Bei großen Lagermengen sind Vorrichtungen zur Kontrolle einer möglichen Selbstentzündung (**self ignition/spontaneous combustion**) zu installieren. Für kleine Anlagen kann die Kohle im Keller oder in geeigneten Lagerräumen bereitgestellt werden.

8.1.6 Ventilatoren

In RLT-Anlagen werden für die Förderung von Luft Ventilatoren (*fans*) mit Drücken bis ca. 30 000 Pa eingesetzt.

Ventilatoren werden nach ihrer **Bauform** in Axial- und Radialventilatoren eingeteilt (Bild 1). Sie verkörpern, abgesehen von einigen neueren Abwandlungen dieser Bauformen, die am häufigsten eingesetzten Förderprinzipien dar (*air conveyance principles*).

Bauform	Bauart	Schema	Anwendung
Radialventilatoren	rückwärts gekrümmte Schaufeln		bei hohen Drücken und Wirkungsgraden
	gerade Schaufeln		für Sonderzwecke, z. B. zum Materialtransport
	vorwärts gekrümmte Schaufeln		typischer Ventilator in Lüftungsanlagen (für geringe Drücke und Wirkungsgrade)
Querstromventilatoren			bei beengtem Platz und relativ hohen Drücken
Axialventilatoren	Wandventilator		für Fenster- und Wandeinbau
	ohne Leitrad		bei geringen Drücken
	mit Leitrad		bei hohen Drücken
	Gegenläufer		für Sonderfälle

1 Ventilatorbauarten

Axialventilatoren

Bei den Axialventilatoren (*axial flow fans*) wird das Lauf- oder Schaufelrad (*propeller*) axial in Richtung der Rohrachse bzw. der Rotorwelle durchströmt (Bilder 2 und 3).



2 Axialventilator



3 Axialventilator für Wandeinbau

Nach dem Förderdruck werden unterschieden

- Niederdruckventilatoren (*low pressure fans*) für Drücke bis etwa 300 Pa
- Mitteldruckventilatoren (*medium pressure fans*) für Drücke bis etwa 1000 Pa
- Hochdruckventilatoren (*high pressure fans*) für Drücke über 1000 Pa.

Die Einteilung nach der **Bauart** erfolgt in

- Propellerventilatoren (z. B. an der Zimmerdecke hängende Luftverteilvertilatoren)
- Rohrventilatoren (*duct and tube fans*), meist im Rundrohrsystem integriert
- Wand- und Fensterventilatoren (z. B. Toiletten- oder Gaststätten-Lüftung)
- Axialventilatoren ohne Leitrad (*guide wheel*) für geringe Drücke
- Axialventilatoren mit Leitrad für höhere Drücke
- Axialventilatoren mit gegenläufigen (*counter-rotating*) Propellern für sehr hohe Drücke
- Axialventilatoren mit verstellbaren Schaufeln (*adjustable blades*) bzw.
- Axialventilatoren mit stufenloser Drehzahlregelung (*continuously variable speed control*) für Anlagen mit variablen Volumenströmen

Vorteile der Axialventilatoren gegenüber Radialventilatoren

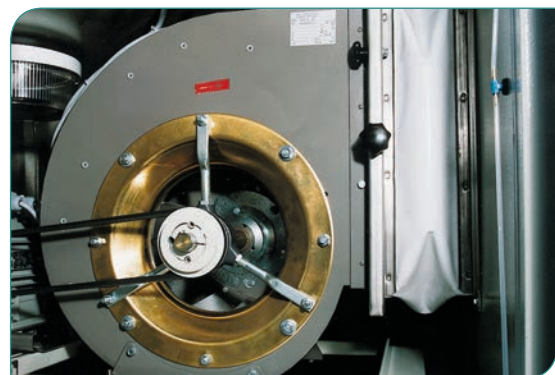
- niedrige Anschaffungskosten
- geringer Platzbedarf

Nachteile der Axialventilatoren gegenüber Radialventilatoren

- höhere Geräusche
- schwierigere Leistungsanpassung (wegen der geringen Förderdrücke sowie des Direktantriebes)
- häufig schwierigere Wartung wegen des Einbaues in Kanälen.

Radialventilatoren

Radialventilatoren (*radial flow fans*) saugen die Luft über die Welle an und lenken sie anschließend mit einer 90°-Drehung über den Laufradius – radial – über die Schaufeln in das Spiralgehäuse (*spiral housing/casing*) und von dort in den Druckstutzen (*exhaust joint*) (Bild 4).

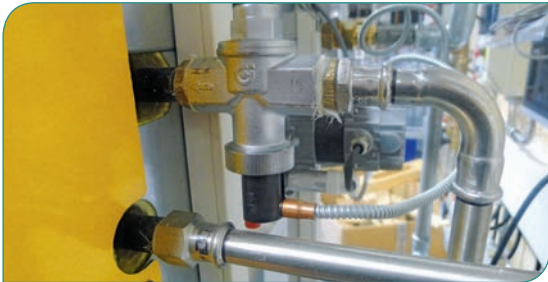


4 Radialventilator

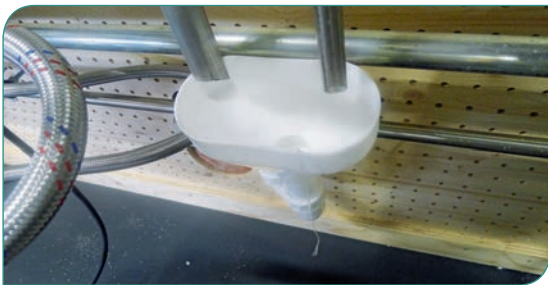
5.4 Wartungsarbeiten, die alle drei Jahre oder nach Aufforderung durch die Regelung durchzuführen sind

• Thermische Ablaufsicherung (Bild 1) und Sicherheitstemperturbegrenzer auf Funktion prüfen

Um diese optische (optical) Prüfung durchführen zu können, müssen die Abblasleitungen z. B. in einen Siphontrichter münden (Bild 2).



1 Thermische Ablaufsicherung



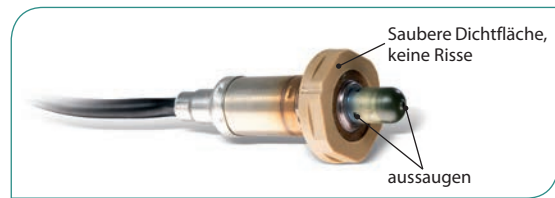
2 Siphontrichter

• Lambdasonde ausbauen und reinigen

Netzschalter (mains switch) des Kessels ausschalten und das Halterohr mit Wasserpumpenzange herausdrehen (Bild 3). Ausgebauene Lambdasonde auskühlen lassen und anschließend mit einem weichen Pinsel oder Staubsauger (vacuum cleaner) reinigen; insbesondere die Öffnungen in der Sensorabdeckung aussaugen (Bild 4).



3 Halterohr für die Lambdasonde



4 Lambdasonde

- **Lambdasondensitz** am Kessel mit Taschenlampe (torch) kontrollieren, eventuell vorhandene Aschekruste mit Schraubendreher und Staubsauger entfernen.
- **Lambdasondenflansch** auf Risse (fissures) kontrollieren und bei Bedarf auswechseln (Bild 4).
- **Lambdasignal** bei ausgebauter Sonde kontrollieren. Dazu ist bei eingeschaltetem Netzschalter die Isoliertür zu öffnen, um die Sondenheizung (probe heating) zu starten, und am Bedientableau das entsprechende Menü für die Lambdasignalkorrektur aufzurufen. Weicht der angezeigte Wert nach 15 Minuten vom vorgegebenen Wert des Herstellers (manufacturer) z. B. $-10,0$ mV, um mehr als den zulässigen Toleranzwert z. B. $0,5$ mV ab, ist der Wert entsprechend den Herstellerangaben zu korrigieren.
- **Dichtungen der Brennraumtür und des Wärmeübertragerdeckels kontrollieren** und evtl. nachstellen
- **Wirbulatoren auf fest sitzende Verbrennungsrückstände kontrollieren** und diese ggf. entfernen
- **Kessel aufheizen** und nach 15 bis 20 Minuten Emissionsmessung durchführen (vgl. LF9, Kap.10 Abgasüberwachung)
- **Kessel- bzw. Heizungsregelung auf Funktion prüfen**

ÜBUNGEN

- 1 Nennen Sie zwei Wartungsarbeiten an einem Holzvergaserkessel, die bei jeder Befüllung durchzuführen sind.
- 2 Nennen und erläutern Sie zwei Wartungsarbeiten an einem Holzvergaserkessel, die in Abständen von ein bis zwei Wochen durchzuführen sind.
- 3 Nennen und erläutern Sie sechs wichtige Wartungsarbeiten an einem Holzvergaserkessel, die jährlich durchzuführen sind.
- 4 Nennen Sie zwei Ursachen für ein stark verschmutztes Gebläserad.
- 5 Wie können Undichtheiten an den Kesseltüren beseitigt werden?
- 6 Nennen Sie mindestens fünf Wartungsarbeiten, die alle drei Jahre oder nach Aufforderung durch die Regelung an einem Holzvergaserkessel durchzuführen sind.



3 Wärmepumpen

3.1 Einleitung

Wärmepumpen (**heat pump**) dienen dazu, die Temperatur eines Arbeitsmediums (Kältemittels) (**refrigerant**) mit Hilfe der Wärmeenergie der Umwelt, z. B. Luft, und der zugeführten elektrischen Energie von einem niedrigen Temperaturniveau (**temperature level**) auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben, um so den Wärmeinhalt des Mediums zur Beheizung von Gebäuden und für die Trinkwassererwärmung nutzen zu können.

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.

4. DIN EN 14511: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern für die Raumheizung und -kühlung
5. 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
6. DIN EN 12831: Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
7. VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes
8. VDI 4650 Blatt 1: Berechnungen von Wärmepumpen, Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen, Elektrowärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung
9. Landesbauordnungen
10. Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

3.2 Normen, Richtlinien, Vorschriften

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

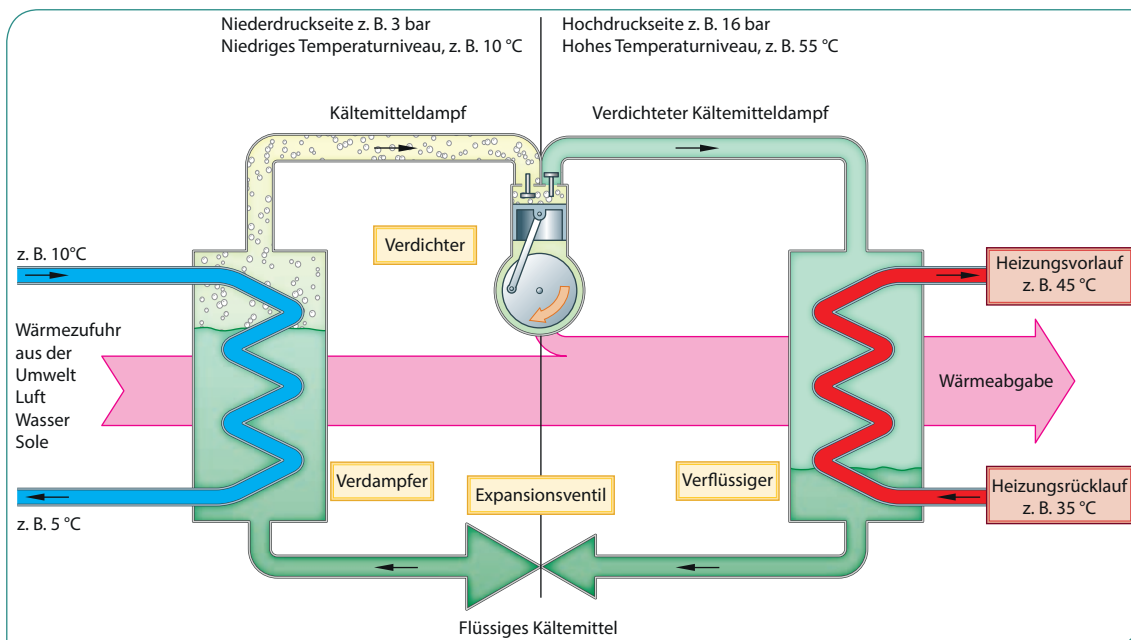
1. DIN 8901: Kälteanlagen und Wärmepumpen – Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen und Prüfung
2. DIN 8960: Kältemittel – Anforderungen und Kurzzeichen
3. DIN EN 378: Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante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

3.3 Aufbau und Funktionsweise

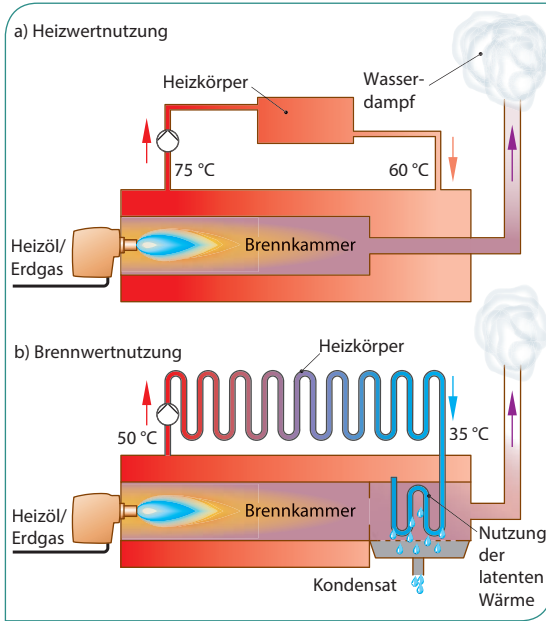
Kompressions-Wärmepumpen bestehen im Wesentlichen aus folgenden Bauteilen (Bild 1).

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

Kompressions-Wärmepumpen arbeiten nach dem Funktionsprinzip eines Kältschranks (**refrigerator**). In ihm wird den Lebensmittel Wärmeenergie entzogen und auf der



1 Funktionsweise der Wärmepumpe



1 Heizwert- und Brennwertnutzung

Betriebsheizwert $H_{i,B}$ und Betriebsbrennwert $H_{s,B}$

Bei Brenngasen beziehen sich der Heiz- und Brennwert auf den **Normzustand (standard conditions)** (0 °C, 1013 mbar). Da ein Brenngas unter Betriebsbedingungen meist nicht im Normzustand vorliegt, ist der Betriebsheizwert $H_{i,B}$ (**lower operational calorific value**) bzw. Betriebsbrennwert $H_{s,B}$ anzugeben. Der Grund dafür ist, dass das Gasvolumen stark temperatur- und druckabhängig ist. Die jeweiligen Werte können bei den örtlichen Gasversorgungsunternehmen nachgefragt oder aus dem Heizwert H_i bzw. Brennwert H_s berechnet werden:

Betriebsheizwert

$$H_{i,B} = \frac{H_i \cdot p_B \cdot T_n}{p_n \cdot T_B}$$

Betriebsbrennwert

$$H_{s,B} = \frac{H_s \cdot p_B \cdot T_n}{p_n \cdot T_B}$$

Betriebsdruck

$$p_B = p_{amb} + p_e$$

Betriebstemperatur in Kelvin

$$T_B = \theta_B (\text{°C}) + 273 \text{ K}$$

$H_{i,B}$: Betriebsheizwert in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$

$H_{s,B}$: Betriebsbrennwert in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$

H_i : Heizwert in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$ (Bild 2)

H_s : Brennwert in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$ (Bild 2)

T_n : Normbezugstemperatur = 273 K

p_n : Normbezugsdruck = 1013 mbar

T_B : Betriebstemperatur in K
= Gastemperatur am Gaszähler in K

θ_B : Betriebstemperatur in °C

p_B : Druck bei Betriebsbedingungen in mbar

p_{amb} : Atmosphärendruck in mbar

p_e : Überdruck am Gaszähler in mbar

Brennstoff	Heizwert H_i in $\frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$ ($\frac{\text{kWh}}{\text{l}}$)	Brennwert H_s in $\frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$ ($\frac{\text{kWh}}{\text{l}}$)
Holz	4,1	4,6
Koks	8,1	8,9
Steinkohle	9,2	9,9
Heizöl EL	11,8 (10,0)	12,6 (10,8)
Brennstoff	Heizwert H_i in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$	Brennwert H_s in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$
Erdgas LL	8,8	9,8
Erdgas E	10,4	11,5
Propan	25,8	28,0
Butan	34,3	37,2

2 Heiz- und Brennwerte verschiedener Brennstoffe. Je nach Brennstoffqualität können die Werte geringfügig abweichen.

Beispiel:

Bestimmen Sie den Betriebsheizwert $H_{i,B}$ von Erdgas E, wenn die Gastemperatur θ_B am Zähler 15,6 °C, der Überdruck p_e am Zähler 21,6 mbar und der atmosphärische Druck $p_{amb} = 976 \text{ mbar}$ betragen.

geg.: $H_i = 10,4 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$; $\theta_B = 15,6 \text{ °C}$; $p_{amb} = 976 \text{ mbar}$

$p_e = 21,6 \text{ mbar}$; $T_n = 273 \text{ K}$; $p_n = 1013 \text{ mbar}$

ges.: $H_{i,B}$

Lösung:

$$H_{i,B} = \frac{H_i \cdot p_B \cdot T_n}{p_n \cdot T_B}$$

$$p_B = p_{amb} + p_e$$

$$p_B = 976 \text{ mbar} + 21,6 \text{ mbar}$$

$$p_B = 997,6 \text{ mbar}$$

$$T_B = \theta_B + 273 \text{ K}$$

$$T_B = 15,6 \text{ °C} + 273 \text{ K}$$

$$T_B = 288,6 \text{ K}$$

$$H_{i,B} = \frac{10,4 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \cdot 997,6 \text{ mbar} \cdot 273 \text{ K}}{1013 \text{ mbar} \cdot 288,6 \text{ K}}$$

$$H_{i,B} = \frac{10,4 \text{ kWh} \cdot 997,6 \text{ mbar} \cdot 273 \text{ K}}{\text{m}^3 \cdot 1013 \text{ mbar} \cdot 288,6 \text{ K}}$$

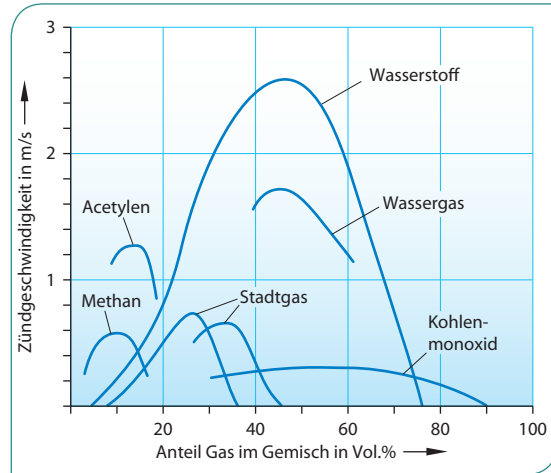
$$H_{i,B} = \frac{9,69 \text{ kWh}}{\text{m}^3}$$

Die bei der Verbrennung nutzbare **Wärmeenergie (Wärmemenge)** hängt ab von:

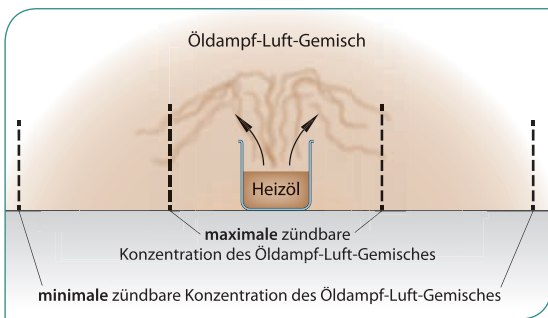
- der Art des Brennstoffes
- der Nutzung der im Wasserdampf enthaltenen Kondensationswärme
- der Menge des Brennstoffes

Dampf/Gas	Zündgrenzen von Brennstoff-Luft-Gemischen in Volumen-%
Acetylen	1,5 ... 82
Butan (n)	1,8 ... 8,5
Erdgas E	4 ... 17
Erdgas LL	6 ... 14
Ferngas	5 ... 33
Flüssiggas	2 ... 9
Heizöl EL	0,6 ... 6,5
Kohlenmonoxid	12,5 ... 74
Methan	5,0 ... 15
Propan	2,1 ... 9,5
Wasserstoff	4 ... 76

1 Zündgrenzen von Dämpfen und Gasen



3 Zündgeschwindigkeiten von Gasen in Luft



2 Schematische Darstellung der Zündgrenzen

3.3 Verbrennungsluftbedarf

Für die Verbrennung eines Brennstoffes ist Sauerstoff erforderlich. Dieser wird der Luft entnommen, deren Sauerstoffanteil ca. 21 % beträgt. Die Verbrennungsluft wird z. B. bei Ölzerstäubungsbrennern mittels Stauscheibe und Luftklappe, falls vorhanden, eingestellt (Bild 4). Die Luftmenge, die zur vollständigen Verbrennung eines Brennstoffes mindestens benötigt wird, bezeichnet man als **theoretischen Luftbedarf (Mindestluftbedarf) L_{min}** (Bild 5).

3.2.3 Zündgeschwindigkeit

Die Zündgeschwindigkeit (**propagation rate**) ist die Geschwindigkeit, mit der sich eine Verbrennung innerhalb eines Gemisches fortpflanzt.

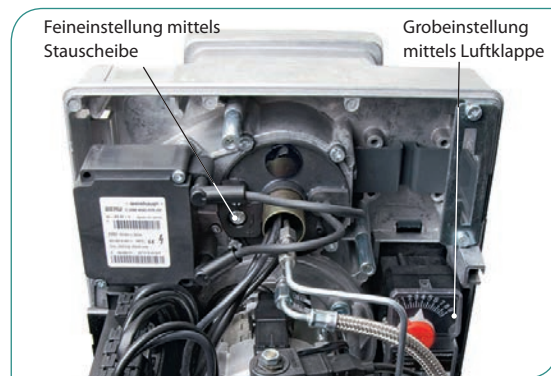
Die Zündgeschwindigkeit ist von der Zusammensetzung des Gemisches abhängig (Bild 3). Wird Öldampf oder Brenngas mit Sauerstoff anstatt mit Luft gemischt, dann ist die Zündgeschwindigkeit 5 ... 12-mal größer.

MERKE

Eine Flamme brennt stabil, wenn die Ausströmungsgeschwindigkeit (**exit speed**) gleich der Zündgeschwindigkeit ist.

Ist die Ausströmungsgeschwindigkeit im Vergleich zur Zündgeschwindigkeit zu groß, z. B. durch zu hohe Pressung bei Heizöl, hebt die Flamme ab.

Ist die Zündgeschwindigkeit größer als die Ausströmungsgeschwindigkeit, kann die Flamme zurückschlagen und den Brenner beschädigen bzw. zerstören.



4 Einstellung von Verbrennungsluft

Brennstoff	L_{min} in $\frac{m^3}{kg}$	CO_{2max} in %
Holz	4,1	20,2
Koks	7,7	20,7
Steinkohle	7,9	18,7
Heizöl EL	11,2	15,4
Brennstoff	L_{min} in $\frac{m^3}{m^3}$	CO_{2max} in %
Erdgas LL	8,4	11,8
Erdgas E	9,8	12,0
Propan	23,8	13,8
Butan	30,9	14,1

5 Theoretischer Luftbedarf L_{min} und theoretisch maximaler CO_2 -Gehalt CO_{2max} verschiedener Brennstoffe. Je nach Brennstoffqualität können die Werte geringfügig abweichen.

4.2.5.3 Funktionsprüfung der Abgasanlage raumluftabhängiger Gasgeräte mit Strömungssicherung

Der Funktionsprüfung (functional testing) von Abgasanlagen raumluftabhängiger Gasfeuerstätten mit Strömungssicherung (draught diverter) kommt immer größere Bedeutung zu, da Fenster und Türen immer dichter werden. Der störungsfreie Betrieb der Anlage ist unbedingt erforderlich, um eine ausreichende Verbrennungsluftversorgung zu gewährleisten. Die Funktionsprüfung muss nach **Einstellung und Inbetriebnahme** der Gasfeuerstätte erfolgen. Während des Anfahrzustandes (at startup) der Gasfeuerstätte kann Abgas in geringen Mengen aus der Strömungssicherung austreten (vgl. Kap. 9.3.2.4), da sich der erforderliche Auftrieb erst nach ca. 5...10 min einstellt. Treten auch nach Ablauf dieser Zeit Abgase aus der Strömungssicherung aus, liegt eine **Funktionsstörung** vor. Das Gasgerät muss dann außer Betrieb genommen werden, bis die Ursache der Funktionsstörung ermittelt ist. Die Prüfung erfolgt 5 min nach Inbetriebnahme des Gerätes mithilfe einer mit Flüssigkeit gefüllten **Taupunktplatte** (Bild 1) bzw. eines Taupunktspie-

gels (chilled dew point mirror). Dieser darf nicht beschlagen (fog up). Während der Prüfung müssen alle Fenster und Türen geschlossen sein und das Gerät muss mit Volllast betrieben werden (gilt für ein einzelnes installiertes Gerät).



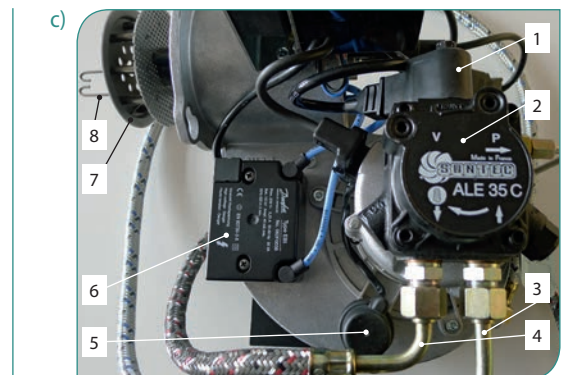
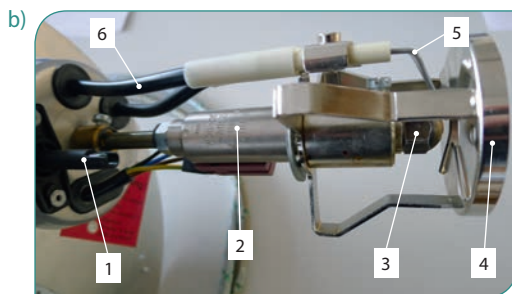
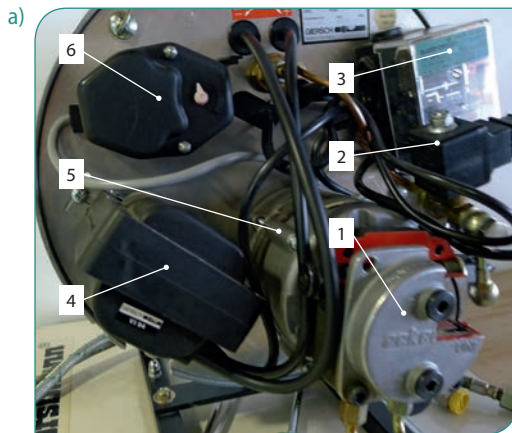
1 Funktionsprüfung mit Taupunktplatte

ÜBUNGEN

4. Brenner

Ölzerstäubungsbrenner

- 1 Benennen Sie die nummerierten Bauteile der abgebildeten Ölzerstäubungsbrenner.



- 2 Welche Aufgabe hat der Brennermotor?
- 3 a) Welche Ölpumpen kommen bei Hochdruck-Zerstäubungsbrennern zum Einsatz?
b) Begründen Sie den Einsatz dieser Pumpenart für die Ölförderung.
- 4 Welche Aufgabe erfüllt die Ölpumpe?
- 5 Erläutern Sie die Einregulierung des Öldrucks.
- 6 Beschreiben Sie die Zufuhr der Verbrennungsluft beim Ölzerstäubungsbrenner.
- 7 Nennen Sie die wesentlichen Bestandteile der Ölvorwärmung.
- 8 a) Bei welchen Brennern wird das Heizöl vorwiegend vorgewärmt?

5.5.5 Gasherde und Gasbacköfen

Gasherde (gas cooker) (Bild 1) und Gasbacköfen (gas oven) (Kombigeräte) sind Gasgeräte der Art A ohne Abgasanlage (vgl. Kap. 9.2.1) bis zu einer Nennbelastung von ≤ 18 kW. Die Aufstellung von Gasherden und Gasbacköfen ist nur dann zulässig, wenn die Abgase sicher ins Freie geführt werden können und ein ausreichender Luftwechsel (air exchange) gewährleistet werden kann (vgl. Kap. 8.2).



1 Gasherde mit Backofen

5.5.6 Gas-Raumheizer

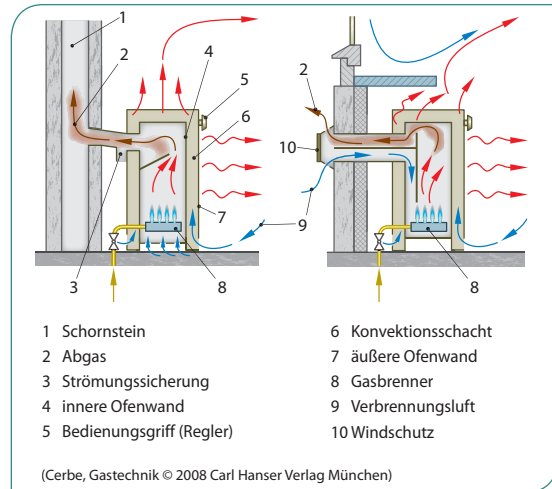
Gas-Raumheizer (independent gas-fired space heater) (Bild 2) dienen hauptsächlich zur Beheizung von zeitweise genutzten einzelnen Räumen (wie z. B. Versammlungsräume und Einzelräume in Berghütten und Ferienwohnungen). Sie geben ihre Wärme über einen Abgas-Luft-Wärmeübertrager hauptsächlich durch Konvektion an den Raum ab. Gas-Raumheizer werden raumluftunabhängig (Gasgeräte der Art C₁₁; vgl. Kap. 9.2.1.2) mit Außenwandanschluss und raumluftabhängig (Gasgeräte der Art B₁₁; vgl. Kap. 9.2.1.1) mit Schornsteinanschluss (flue connection) angeboten (Bild 3). Außenwandgeräte (balanced flue boilers) mit einer Verbrennungsluft- und Abgasführung durch die Außenwand dürfen nur aufgestellt werden, wenn die Abgasführung über Dach nicht oder nur mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand möglich ist.

MERKE

Die baurechtlichen Bestimmungen (building regulations) der einzelnen Bundesländer sind zu beachten.



2 Gas-Raumheizer

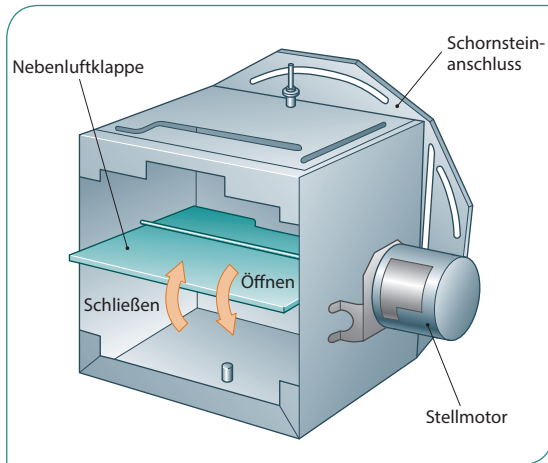


3 Gas-Raumheizer mit Schornstein- und Außenwandanschluss

ÜBUNGEN

5. Wärmeerzeuger

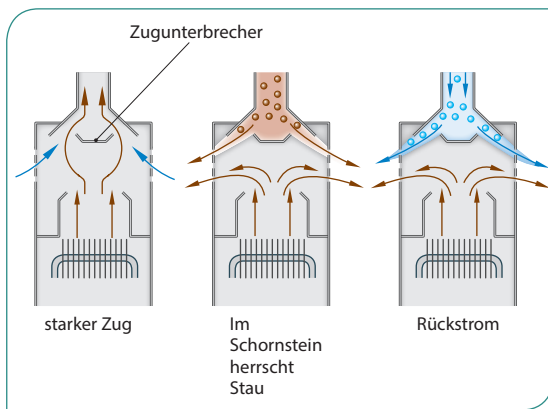
- 1 Wozu werden Wärmeerzeuger genutzt?
- 2 Warum sollen bei der Auswahl eines Wärmeerzeugers ökologische und nutzerspezifische Gesichtspunkte berücksichtigt werden? Nennen Sie mindestens vier Punkte.
- 3 Welche Angaben muss das Typenschild eines Heizkessels enthalten?
- 4 Aus welchen Werkstoffen werden Festbrennstoffheizkessel hergestellt?
- 5 Nennen Sie die Vorteile von Guss- gegenüber Stahlheizkesseln.
- 6 Beschreiben Sie die Montage eines Gussgliederkessels.
- 7 Was versteht man unter einem Hybridkessel?
- 8 Was versteht man unter „Brenndauer“?
- 9 a) Nennen Sie die Unterschiede zwischen oberem und unterem Abbrand bei einem Festbrennstoffheizkessel.
b) Welche Vor- und Nachteile hat jedes der beiden Systeme?
- 10 Erläutern Sie den Unterschied zwischen Naturzug- und Überdruckfeuerung.
- 11 Wie wird bei handbeschildeten Festbrennstoffheizkesseln die Leistung geregelt?
- 12 Beschreiben Sie die Leistungs- und Verbrennungsregelung bei modernen Festbrennstoffheizkesseln.
- 13 Beschreiben Sie die Vorgänge bei der Verbrennung von Holz im Heizkessel.
- 14 Welches Verbrennungssystem wird bei modernen Stückholzkesseln angewandt?



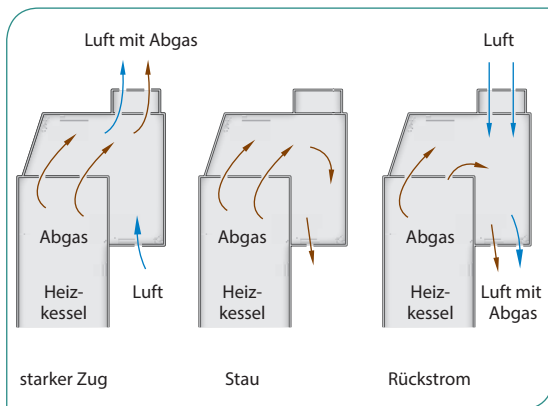
1 Zwangsgesteuerte Nebenluftvorrichtung

9.3.2.4 Strömungssicherung

Strömungssicherungen sind für raumluftabhängige Gasfeuerstätten mit Gasbrennern ohne Gebläse vorgeschrieben (specified) und sind ein fester Bestandteil der Feuerstätte. Sie werden vom Gerätehersteller mitgeliefert und dürfen nicht verändert werden. Es werden **aufgesetzte** (Bild 2) und **integrierte** Strömungssicherungen (Bild 3) unterschieden.



2 Aufgesetzte Strömungssicherung



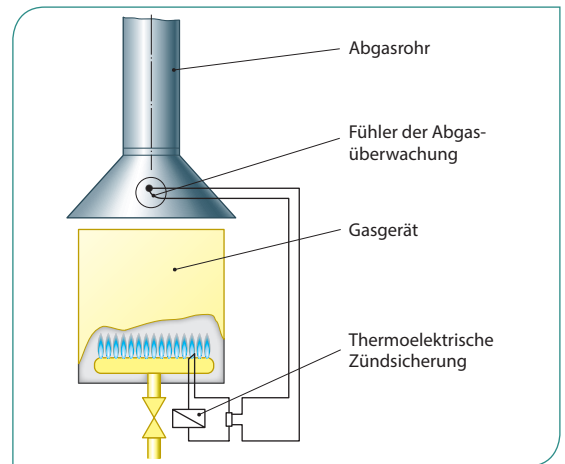
3 Integrierte Strömungssicherung

Die Strömungssicherung (auch Zugunterbrecher genannt) stellt eine Verbindung zwischen Abgas und Raumluft her. Hierdurch wird eine einwandfreie Verbrennung unabhängig von zu starkem Zug, Stau oder Rückstrom im Schornstein gewährleistet.

Bei zu starkem Zug (*draught*) wird zusätzlich Raumluft angesaugt, die aber nicht durch den Verbrennungsraum strömt und ihn deshalb auch nicht auskühlt. Bei Stau oder Rückstrom können die Abgase in den Raum austreten, ohne dass der Verbrennungsprozess gestört wird. Der Rückstrom (*backflow*) von Abgasen in den Raum ist nur kurzzeitig zulässig.

9.3.2.4.1 Abgasüberwachungseinrichtung

Bei Aufstellung einer Gasfeuerstätte B₁ und B₄ mit Strömungssicherung in Wohnungen, ähnlichen Räumen oder vergleichbaren Nutzungseinrichtungen muss eine **Abgasüberwachungseinrichtung AÜE** (*exhaust gas monitoring device*) (mit NTC-Fühler; vgl. HT 3136, Lernfeldübergreifende Inhalte, Kap. 4.3) eingebaut werden. Sie sitzt an der Unterseite der Strömungssicherung und schaltet mithilfe einer Steuerelektronik bei Stau oder Rückstrom den Brenner nach ca. 2 min ab (Bild 4). Der Brenner wird jedoch nicht verriegelt und nach ca. 20 min wieder eingeschaltet. Bei Halbautomaten (*semi automatic devices*) (Gasgeräte ohne Steuerelektronik; vgl. Kap. 4.2.2.3.1 und 4.2.2.3.2) erfolgt keine selbsttätige Wiedereinschaltung. Sie müssen manuell geschaltet werden.



4 Abgasüberwachungseinrichtung

9.4 Genehmigungsverfahren durch Schornsteinfeger

Bei Wohngebäuden geringer Höhe (nicht mehr als zwei Geschosse) muss die Bauherrin oder der Bauherr zehn Tage vor Baubeginn (*before construction*) beim zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister eine Bescheinigung einholen, dass die Feuerungsanlage den Anforderungen (*requirements*) entspricht.