

HF4 - Technische Anlagen

Prüfungsvorbereitung · 39 Fragen mit Musterantworten

Wärmepumpe

Frage 1 (1)

Nennen Sie die Hauptbestandteile einer Wärmepumpe.

Antwort: Eine Wärmepumpe besteht aus 4 Hauptkomponenten:

1. Verdampfer – Wärme aus der Wärmequelle wird aufgenommen und das flüssige Kältemittel verdampft
 2. Verdichter (Kompressor) – Der Kältemitteldampf wird auf höheres Druckniveau komprimiert → Temperaturerhöhung
 3. Verflüssiger (Kondensator) – Wärme wird an das Heizsystem abgegeben, Kältemittel kondensiert
 4. Expansionsventil – Druckabsenkung des Kältemittels, Temperatur sinkt auf Verdampfungstemperatur
- Zusätzlich: Kältemittel als Wärmeträger im Kreislauf

Frage 2 (2)

Welche natürliche Wärmequelle ist für die Nutzung mit der Wärmepumpe optimal? Bitte begründen.

Antwort: Erdreich / Sole-Wasser ist die optimale Wärmequelle, weil:

- Konstante Temperaturen ganzjährig (8–12 °C in Deutschland)
- Höchste Arbeitszahlen (COP/JAZ), da geringer Temperaturhub nötig
- Keine Abtauung notwendig
- Geringer Wartungsaufwand

Luft als Wärmequelle ist zwar am einfachsten zu erschließen, aber weniger effizient, da die Temperaturen im Winter am niedrigsten sind – genau dann, wenn der Heizbedarf am größten ist.

Frage 3 (3)

Was versteht man unter der monoenergetischen Betriebsweise einer Wärmepumpe?

Antwort: Bei der monoenergetischen Betriebsweise wird die Wärmepumpe als alleinige Wärmequelle betrieben. Sie ist jedoch für besonders kalte Tage mit einem elektrischen Zusatzheizkörper (meist 2–6 kW) im Gerät ergänzt.

- Bis zum Bivalenzpunkt: WP allein deckt den Heizbedarf
- Unterhalb des Bivalenzpunkts: WP + Elektro-Heizstab laufen parallel

Es bleibt immer ein Strom-basiertes System (mono = eine Energieart: Strom).

Gegensatz: bivalenter Betrieb – zweiter Energieträger (z.B. Gas-Kessel)

Frage 4 (4)

Erklären Sie die 'Leistungszahl' einer Wärmepumpe und wodurch wird sie maßgeblich beeinflusst?

Antwort: Die Leistungszahl (COP = Coefficient of Performance) gibt an, wie viel Wärmeleistung die WP liefert pro eingesetzter elektrischer Leistung.

$$\text{COP} = \frac{\text{Wärmeleistung [W]}}{\text{Elektrische Leistung [W]}}$$

Beispiel: COP 4 → 4 kW Wärme aus 1 kW Strom

Beeinflusst wird der COP maßgeblich durch:

1. Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Heizungsvorlauf (kleiner = besser)
2. Vorlauftemperatur der Heizung (niedriger = effizienter → Fußbodenheizung ideal)
3. Wärmequellentemperatur (höher = besser)
4. Qualität der WP-Technik (Inverter vs. feste Drehzahl)

JAZ = Jahresarbeitszahl = COP gemittelt über das ganze Jahr

Frage 5 (5)

Erklären Sie den Begriff 'GWP' und was versteht man darunter?

Antwort: GWP = Global Warming Potential (Treibhauspotenzial)

Gibt an, wie stark ein Kältemittel zum Treibhauseffekt beiträgt, im Vergleich zu CO₂ (Referenz: GWP = 1).

Beispiele:

- R134a: GWP = 1.430
- R410A: GWP = 2.088
- R32: GWP = 675
- R290 (Propan): GWP = 3 (sehr niedrig, natürlich)
- R744 (CO₂): GWP = 1

Die EU-F-Gas-Verordnung schreibt vor, Kältemittel mit hohem GWP schrittweise zu ersetzen. Bei modernen WP wird zunehmend auf Kältemittel mit niedrigem GWP gesetzt.

Frage 6 (6)

Welche Wärmepumpen benötigen eine 'Abtauung'? Und warum?

Antwort: Luft-Wasser-Wärmepumpen (und Luft-Luft-WP) benötigen eine Abtauung.

Warum: Bei niedrigen Außentemperaturen (unter ca. +3 bis 5 °C) und gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit gefriert das Kondenswasser am Außenwärmetauscher (Verdampfer) zu Eis. Dieses Eis blockiert den Luftdurchfluss und reduziert die Leistung erheblich.

Abtauvorgang: Die WP wird kurzzeitig im Heizbetrieb umgekehrt (Kreislaufumkehr) oder der Verdampfer wird elektrisch beheizt → Energie- und Leistungsverlust während der Abtauung.

Frage 7 (7)

Darf eine gewisse Wärmequelltemperatur bei einer Wasser/Wasser-Wärmepumpe nicht unterschritten werden? Die Aussage bitte begründen.

Antwort: Ja. Die Mindestwärmequelltemperatur liegt bei ca. +5 °C (Grundwasser).

Begründung:

- Unterhalb von 0 °C würde das Wasser am Wärmetauscher gefrieren → Zerstörung der Anlage
 - Bei sehr niedrigen Temperaturen sinkt der COP drastisch
 - Rechtlich: Wasserrechtliche Genehmigung erfordert Rückgabe des Wassers mit max. 3 K Abkühlung
 - In Deutschland liegt die Grundwassertemperatur typischerweise bei 8-12 °C → Einfriergefahr in der Praxis selten, aber die Anlage muss dagegen abgesichert sein
-

Frage 8 (8)

Was versteht man unter dem Begriff 'Kälteleistung' einer Wärmepumpe?

Antwort: Die Kälteleistung ist die Leistung, die der WP aus der Wärmequelle (Umwelt) entnommen wird.

Zusammenhang: Heizleistung = Kälteleistung + elektrische Antriebsleistung

Beispiel: WP mit COP 4, Heizleistung 8 kW:

- Elektrische Leistung: 2 kW
- Kälteleistung: 6 kW

Die Kälteleistung ist wichtig für die Auslegung der Wärmequellenanlage (Flächenkollektoren, Tiefenbohrung, Grundwasserbrunnen).

Frage 9 (9)

Benennen Sie zwei Kühlungsvarianten einer Wärmepumpe. Wie unterscheiden sie sich?

Antwort: 1. Passive Kühlung (Natural Cooling / Free Cooling):

- WP-Kompressor wird abgeschaltet
- Kühle Sole/Grundwasser wird direkt über Flächenheizung genutzt
- Sehr energieeffizient (nur Pumpenstrom)
- Mäßige Kühlleistung, Temperaturen ca. 18-20 °C

2. Aktive Kühlung (mechanische Kühlung):

- WP läuft im umgekehrten Kreislauf (wie Klimaanlage)
 - Höhere Kühlleistung, niedrigere Raumtemperaturen möglich
 - Höherer Energieverbrauch
 - Nur bei bestimmten WP-Typen möglich (reversible WP)
-

Frage 10 (10)

Beschreiben Sie den 'Bivalenzpunkt' einer monoenergetischen Wärmepumpe. Wie wird er berechnet bzw. bestimmt?

Antwort: Der Bivalenzpunkt ist die Außentemperatur, unterhalb derer die WP allein nicht mehr den gesamten Heizwärmebedarf decken kann.

Bestimmung:

- Die WP wird auf ca. 80-100 % des Heizztages (Normauslegungstemperatur) ausgelegt
- Typischer Bivalenzpunkt für monoenergetische LW-WP: -5 bis -7 °C

Berechnung: Schnittpunkt der WP-Leistungskurve (fällt bei sinkender Außentemperatur) mit der Heizkurve (steigt bei sinkender Außentemperatur)

Unterhalb des Bivalenzpunkts: elektrischer Heizstab ergänzt die WP-Leistung.

Frage 11 (11)

Was versteht man unter einer Split-Wärmepumpe?

Antwort: Eine Split-Wärmepumpe ist eine Luft-Wasser-WP mit räumlich getrenntem Außen- und Innengerät, verbunden durch Kältemittelleitungen.

- Außengerät: Luftwärmetauscher (Verdampfer) + Ventilator
- Innengerät: Verdichter, Kondensator, Regelung

Vorteile:

- Geringere Schallbelastung innen (Außengerät nimmt Hauptgeräusch auf)
- Kompaktes Innengerät
- Auch Monoblock-Variante: Außengerät enthält alles, Verbindung mit Wasser statt Kältemittel

Frage 12 (12)

Was versteht man unter einer Inverter-Wärmepumpe? Bitte beschreiben.

Antwort: Bei einer Inverter-Wärmepumpe wird die Drehzahl des Verdichters stufenlos geregelt (0-100 %).

Vorteile:

- Leistungsanpassung an den tatsächlichen Heizbedarf → weniger Takten (An/Aus)
- Höhere Effizienz (JAZ ca. 10-30 % besser als konventionelle WP)
- Geringere Temperaturspitzen im Heizsystem
- Ruhigerer Betrieb

Arbeitsweise: Frequenzumrichter (Inverter) regelt die Versorgungsfrequenz des Elektromotors → Drehzahlanpassung

Frage 13 (13)

Beschreiben Sie zwei Möglichkeiten zur Energiegewinnung für eine 'Sole/Wasser'-Wärmepumpe und was bei der jeweiligen Ausführung der Wärmequellenanlage zu beachten ist.

Antwort: 1. Erdwärmekollektoren (horizontal):

- Kunststoffrohre in ca. 1,2-1,5 m Tiefe horizontal verlegt
- Fläche: ca. 1,5-2-fache der zu beheizenden Wohnfläche
- Zu beachten: Fläche muss unbebaut und bepflanzt bleiben (keine Bäume, keine Versiegelung), Bodenart bestimmt Leistung

2. Erdwärmesonden (Tiefenbohrungen):

- Kunststoffrohre in 50-200 m Tiefe (U-Sonde oder Koaxialsonde)
- Zu beachten: Genehmigungspflicht! Hydrogeologisches Gutachten, Abstand zu Nachbarbebauung, Bohrung durch Grundwasserstockwerke bedarf wasserrechtlicher Genehmigung, Sole-Kreislauf muss gegen Austritt gesichert sein

Frage 14 (14)

Nennen Sie drei Vorteile von biogenen Brennstoffen.

Antwort: 1. CO₂-Neutralität: Bei der Verbrennung wird nur das CO₂ freigesetzt, das die Pflanze zuvor aus der Atmosphäre gebunden hat (geschlossener Kreislauf, bei nachhaltiger Forstwirtschaft)
2. Heimische/regionale Verfügbarkeit: Unabhängigkeit von Energieimporten, lokale Wertschöpfung
3. Niedrige Primärenergiefaktoren: Holz/Biomasse hat $f_P = 0,2$ (GEG) – sehr günstig für Energienachweis
4. Speicherbarkeit: Im Gegensatz zu Wind/Sonne kann Biomasse auf Vorrat gehalten werden
5. CO₂-Neutralität gilt als erneuerbare Energie und erfüllt die 65%-EE-Anforderung des GEG automatisch

Frage 15 (15)

Wodurch wird der Heizwert von Holz maßgeblich beeinträchtigt?

Antwort: Hauptfaktor: Der Wassergehalt (Feuchte) des Holzes!

- Frisch gefälltes Holz: 50–60 % Wassergehalt, $H_u \approx 2\text{--}4 \text{ kWh/kg}$ (sehr niedrig)
- Luftgetrocknetes Holz (2 Jahre): ca. 15–25 % Feuchte, $H_u \approx 3,5\text{--}4,2 \text{ kWh/kg}$
- Ofengetrocknetes Holz: < 12 % Feuchte, $H_u \approx 4,5\text{--}5 \text{ kWh/kg}$

Holzpellets: standardisiert auf < 10 % Feuchte, $H_u \approx 4,8\text{--}5,0 \text{ kWh/kg}$ (ENplus-Norm)

Hoher Wassergehalt → Energie für Verdampfung des Wassers → niedrigerer Heizwert, mehr Emissionen, Versottungsgefahr im Kamin

Frage 16 (16)

Wie groß ist die mögliche Lagermenge von Holzpellets im Aufstellraum der Feuerstätte? Und was muss beachtet werden?

Antwort: Im Aufstellraum: max. 1,5 m³ Holzpellets (Tagesmenge / Wochenbedarf für kleinen Ofen)

Zu beachten:

- Feuerstättensicherheitsabstand einhalten
- Ausreichende Belüftung des Lagerraums (CO-Freisetzung durch Holzpellets möglich!)
- Pellets müssen trocken gelagert werden (maximal 12 % Feuchte, sonst Quellen und Verstopfungsgefahr)
- Größere Mengen: gesonderter Lagerraum / Silo (brandschutztechnisch getrennt)

Frage 17 (17)

Welche Puffervolumen fordert die KfW für mögliche Förderungen für Biomasse?

Antwort: Für BEG-Förderung (Bundesförderung für effiziente Gebäude):

- Mindestpufferspeicher: 30 Liter je kW Nennleistung der Biomasseanlage

Beispiel: 20 kW Pelletkessel → mind. 600 Liter Pufferspeicher

Hintergrund: Biomassekessel laufen am effizientesten bei Vollast. Der Pufferspeicher puffert die Überschusswärme und verhindert kurze Taktzyklen (Takten = ineffizient, hohe Emissionen).

Frage 18 (18)

Welche 'Klebstoffe' sind bei der Herstellung von Holzpellets nicht erlaubt?

Antwort: Bei der Herstellung von Holzpellets nach ENplus/DIN EN ISO 17225-2 sind keine chemischen Bindemittel oder Klebstoffe erlaubt!

Pellets werden nur durch den natürlichen Druck beim Pressen zusammengehalten – das enthaltene Lignin wirkt als natürlicher Binder. Erlaubt als Hilfsmittel: max. 2 % natürliche Stärke.

Hintergrund: Zusatzstoffe würden Schadstoffemissionen erhöhen und die Qualitätszertifizierung (ENplus A1/A2) gefährden.

Frage 19 (19)

Mit welchen Messeinrichtungen kann die Verbrennungsqualität bei Biomasse überwacht werden?

Antwort: • Lambda-Sonde / O₂-Sonde: Misst den Restsauerstoffgehalt im Abgas → Regelung des Verbrennungsluft-Verhältnisses (λ sollte ca. 1,3–1,6 liegen)

- CO-Sensor: Messung des Kohlenmonoxidgehalts (wichtigster Emissionsparameter)
- Temperatursensor Abgas: Überwachung der Abgastemperatur (Rückschluss auf Wirkungsgrad)
- Rußzahl-Messung: Bacharach-Test für staubförmige Emissionen
- Lambda-Regelung automatisch: moderne Kessel regeln die Luftzufuhr selbsttätig über O₂-Messung

Frage 20 (20)

Nennen Sie drei Typen von 'Holzpelletbrennern', die in Heizkessel eingebaut sind.

Antwort: 1. Unterschubbrenner (Schneckenaustragung): Pellets werden von unten in die Brennschale befördert. Robuster, kompakter Aufbau. Verbrennungsasche fällt in die Aschebox.

2. Fallbrenner (Top-down Brenner): Pellets fallen von oben in den Brennraum. Kompakter, wenig Rückbrand-Gefahr.

3. Muldenbrenner / Querbrenner (Einschub-Brenner): Pellets werden von der Seite zugeführt. Werden häufig bei der Nachrüstung in bestehende Kessel eingesetzt.

Frage 21 (21)

Welche Holzheizungen erhalten eine Förderung durch die BEG und welche Voraussetzungen müssen erfüllt werden?

Antwort: Gefördert werden:

- Pelletheizungen (automatisch beschickte Pelletöfen mit Wassertasche)
- Hackschnitzelanlagen
- Holzheizkamine/-kessel mit Wasseranschluss

Voraussetzungen BEG EM:

- Emissionsgrenzwerte einhalten (Staub $\leq 2,5 \text{ mg/m}^3$; CO $\leq 200 \text{ mg/m}^3$)
- Pufferspeicher: mind. 30 l/kW installierter Heizleistung
- Planung/Bestätigung durch Energieberater (BEG-Antrag)
- Hydraulischer Abgleich
- Kombination mit anderer EE möglich für höhere Förderung
- ENplus-Zertifizierung der Pellets empfohlen

Frage 22 (22)

Was beschreibt der 'Primärenergiefaktor' und welcher Wert wird bei Hackschnitzel angesetzt?

Antwort: Der Primärenergiefaktor (fP) beschreibt den gesamten Energieaufwand zur Bereitstellung eines Energieträgers, bezogen auf die gelieferte Nutzenergie. Er berücksichtigt Gewinnung, Transport, Umwandlung – also die gesamte Vorleistungskette.

Nach GEG Anlage 4:

- Holzpellets, Scheitholz, Hackschnitzel: fP = 0,2

(sehr niedrig, da Holz als nachwachsender Rohstoff fast vollständig als erneuerbar gilt)

Vergleich:

- Erdgas: fP = 1,1
- Strom: fP = 1,8
- Heizöl: fP = 1,1

Solarthermie

Frage 23 (23)

Definieren Sie den Begriff 'Globalstrahlung'.

Antwort: Die Globalstrahlung ist die gesamte auf eine horizontale Fläche auftreffende Sonnenstrahlung. Sie setzt sich zusammen aus:

- Direktstrahlung: direkte Sonnenstrahlung ohne Streuung
- Diffusstrahlung: gestreute Strahlung durch Atmosphäre, Wolken, Wolken-Reflexion

Einheit: W/m² (momentan) oder kWh/(m²·a) (Jahressumme)

In Deutschland: Globalstrahlung ca. 950–1.200 kWh/(m²·a) (je nach Standort; Süddeutschland höher als Norddeutschland)

Frage 24 (24)

Was ist der Unterschied zwischen einer thermischen Solaranlage und einer Photovoltaikanlage?

Antwort: Thermische Solaranlage:

- Wandelt Sonnenstrahlung in Wärme um
- Nutzung: Trinkwassererwärmung, Heizungsunterstützung
- Wirkungsgrad: 60–80 %
- Bauteile: Kollektor, Pufferspeicher, Pumpe, Regelung

Photovoltaikanlage (PV):

- Wandelt Sonnenstrahlung in elektrischen Strom um
- Nutzung: Stromversorgung, Einspeisung ins Netz
- Wirkungsgrad: 18–22 % (Standardmodule)
- Bauteile: Module, Wechselrichter, Einspeisezähler

Frage 25 (25)

Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten für die thermische Nutzung von Sonnenenergie.

Antwort: • Trinkwarmwasserbereitung (TWW): 50–70 % Deckungsgrad möglich

- Heizungsunterstützung: kombiniert mit Pufferspeicher (Kombisystem)
- Schwimmbadbeheizung: günstigster Anwendungsfall (niedrige Temperaturen nötig)
- Prozesskälte und Klimatisierung (Absorptionskältemaschinen)
- Solare Fernwärme / Großanlagen
- Kombination mit Wärmepumpe (Solar-WP-System)

Frage 26 (26)

Was ist der Unterschied zwischen einem Brauchwasser- und einem Pufferspeicher?

Antwort: Brauchwasserspeicher (TWW-Speicher):

- Speichert sanitäres Warmwasser zur direkten Nutzung
- Trinkwasserqualität muss erfüllt sein (legionellenfreie Temperatur $\geq 60\text{ °C}$)
- Meist kleiner (150–300 l für EFH)
- Kann als Standspeicher oder mit Wärmetauscher (Frischwassersystem) ausgeführt sein

Pufferspeicher:

- Speichert Heizungswasser (kein Trinkwasserkontakt)
- Puffert Überschusswärme von Kessel / Solaranlage
- Größer (300–1.500 l und mehr)
- Kein hygienisches Problem mit Legionellen, da nicht für TWW

Frage 27 (27)

Was versteht man unter 'Nachheizung' innerhalb einer Solaranlage für die WW-Bereitung und welche Aufgabe hat sie?

Antwort: Die Nachheizung ist ein konventioneller Wärmeerzeuger (Heizkessel, WP, Elektroheizstab), der den Solaranteil ergänzt, wenn die Sonnenstrahlung nicht ausreicht.

Aufgabe:

- Sicherstellung der benötigten Warmwassertemperatur (mind. 60 °C im Speicher) zu jeder Jahreszeit
- Legionellenschutz: regelmäßiges Aufheizen auf $\geq 60\text{ °C}$
- Komfortgewährleistung auch an sonnenarmen Tagen

Die Nachheizung sollte so eingestellt sein, dass sie nur eingreift wenn nötig → spart Energie.

Frage 28 (28)

Beschreiben Sie die Funktionsweise einer Standard-Solarregelung für die Brauchwasserbereitung.

Antwort: Die Solarregelung basiert auf einem Temperatur-Differenz-Regler (ΔT -Regler):

1. Temperatursensor am Kollektor misst Kollektortemperatur (T_K)

2. Temperatursensor im Speicher misst Speichertemperatur (T_S)
3. Wenn $T_K - T_S > \Delta T_{\text{ein}}$ (ca. 5–8 K): Pumpe startet, Solarkreis fördert Wärme in Speicher
4. Wenn $T_K - T_S < \Delta T_{\text{aus}}$ (ca. 2–4 K): Pumpe stoppt
5. Maximale Speichertemperatur: Übertemperaturschutz (ca. 90 °C), Stagnation möglich

Ergänzend: Frostschutzfunktion, Kollektorschutz bei Übertemperatur

Frage 29 (29)

Erklären Sie den Begriff 'Deckungsgrad' einer thermischen Solaranlage.

Antwort: Der Deckungsgrad gibt an, welcher Anteil des Gesamtwärmebedarfs durch die Solaranlage gedeckt wird.

Deckungsgrad = $\text{Solarertrag} / \text{Gesamtwärmebedarf} \times 100 \%$

Typische Werte:

- Nur TWW: 50–70 % (bei normaler Auslegung)
- TWW + Heizung: 20–35 % (Kombisystem)

Höherer Deckungsgrad $\neq$ immer sinnvoll:

- Zu große Anlage $\rightarrow$ Stagnation im Sommer, Energieverschwendung
- Optimum liegt bei solar fraction, bei der Sommerstagnation minimiert wird
- VDI 6002 gibt Auslegungsempfehlungen

Frage 30 (30)

Nennen Sie die Bauteile und Sicherheitseinrichtungen einer 'Solarstation'.

Antwort: Bauteile der Solarstation:

- Umwälzpumpe (Hocheffizienzpumpe für Solarkreis)
- Ausdehnungsgefäß (MAG) mit Manometer
- Sicherheitsventil (Begrenzung auf max. Betriebsdruck, meist 6 bar)
- Befüll-/Entleerungsventile
- Rückschlagventil
- Volumenstromregler / Durchflussmesser
- Absperrventile
- Temperatursensoren (Vor- und Rücklauf)
- Kugelhähne
- Wärmedämmung der Leitungen und Station

Frage 31 (31)

Welche Aufgabe und Funktion hat der Durchflussmesser innerhalb einer Solaranlage?

Antwort: Der Durchflussmesser (Schwebekörper-Durchflussmesser) im Solarkreis hat folgende Funktionen:

- Einstellung und Kontrolle des optimalen Volumenstroms (ca. 40–60 l/h pro m² Kollektorfläche bei Röhrenkollektor; 30–40 l/h bei Flachkollektor)
- Überwachung der Betriebsbereitschaft der Pumpe
- Nachweis der Anlagenleistung (Ertragsmessung in Kombination mit Temperaturdifferenz)

Optimaler Volumenstrom ist wichtig für:

- Hohen Kollektorwirkungsgrad
- Gleichmäßige Durchströmung, keine 'hot spots'

Frage 32 (32)

In welchem Bereich sollte der Neigungswinkel eines Sonnenkollektors liegen? (Begründen)

Antwort: Optimaler Neigungswinkel:

- Für reine TWW-Bereitung: 30–40° (optimiert auf Sommersonne)
- Für Heizungsunterstützung: 45–60° (mehr Ertrag im Winter/Frühjahr/Herbst)
- Für solare Jahresoptimierung: ca. 45° Aufstellung entsprechend dem Breitengrad

Begründung:

- Senkrecht zur einfallenden Sonnenstrahlung = maximaler Ertrag

- Steile Montage: mehr Herbst/Winter-Ertrag, weniger Sommer-Überhitzung
- Flache Montage: mehr Sommerertrag (TWW), höhere Stagnationsgefahr im Sommer

Frage 33 (33)

Beschreiben Sie den Unterschied von einem Schichtladespeicher zu einem Schichtenspeicher.

Antwort: Schichtladespeicher:

- Aktive Schichtung durch spezielle Ladeventile oder Schichtlanceolen
- Wärme wird auf der richtigen Temperaturhöhe eingebracht
- Solarwärme wird unten zugeführt (niedrige Temp.), Kesselwärme oben
- Optimierte Temperaturschichtung aktiv

Schichtenspeicher:

- Natürliche Temperaturschichtung (Thermik: warmes Wasser steigt auf)
- Keine aktiven Einbauten für Schichtung
- Hoher Behälter + ruhige Einstromung fördert natürliche Schichtung
- Günstiger, aber weniger effizient als Schichtladespeicher

Beide: Oben ist die heißeste Zone (Entnahme/Nachheizung), unten kälteste Zone (Solarrücklauf)

Lüftungstechnik

Frage 34 (34)

Warum wird Lüftungstechnik in modernen Wohngebäuden immer wichtiger?

Antwort: Weil moderne Gebäude immer dichter gebaut werden (GEG-Anforderungen an Luftdichtheit: $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ mit Lüftungsanlage).

Folge ohne mechanische Lüftung:

- Keine Mindestlüftererneuerung durch Fugenlüftung mehr möglich
- CO_2 -Anstieg, Feuchteprobleme, Schimmelpilz
- Schadstoffansammlung (VOC, Formaldehyd aus Möbeln)

DIN 1946-6: Bei Unterschreiten der Luftwechselrate $n < 0,3 \text{ h}^{-1}$ durch natürliche Lüftung ist ein Lüftungskonzept zwingend erforderlich.

Frage 35 (35)

Welche Lüftungssysteme kennt die DIN 1946-6? Beschreiben Sie kurz die Unterschiede.

Antwort: Lüftungsstufen nach DIN 1946-6:

1. Infiltration (Lüftung zum Feuchteschutz): durch unvermeidbare Undichtigkeiten
2. Lüftung zum Feuchteschutz: Mindestanforderung, keine Fensteröffnung nötig
3. Reduzierte Lüftung: für Bereiche ohne/geringere Nutzung
4. Nennlüftung: normaler Betrieb nach Nutzungsprofil
5. Intensivlüftung: Spüllüftung (z.B. Küche, WC)

Systeme:

- Freie/natürliche Lüftung (Fenster, Außenwandlüfter)
- Abluftanlage (nur Abluft aus Nasszellen, Feuchteregelventile)
- Zentrales Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung (KWL)
- Dezentrale Wohnraumlüftungsgeräte ($\text{WRG} \geq 75 \%$)

Frage 36 (36)

Was versteht man unter Wärmerückgewinnung (WRG) bei einer kontrollierten Wohnraumlüftung? Welcher Wirkungsgrad wird gefordert?

Antwort: Bei einer KWL (Kontrollierte Wohnraumlüftung) mit WRG überträgt ein Wärmetauscher die Wärme aus der Abluft auf die Zuluft, bevor die Abluft nach außen geleitet wird.

Formel: $\text{WRG-Grad} = (T_{\text{Zuluft}} - T_{\text{Außen}}) / (T_{\text{Abluft}} - T_{\text{Außen}}) \times 100 \%$

Beispiel: Abluft 22°C , Außen -5°C , Zuluft $20^\circ\text{C} \rightarrow \text{WRG} = (20+5)/(22+5) \times 100 = 93 \%$

GEG-Anforderung: Wärmebereitstellungsgrad $\geq 75\%$
Nachweislich hohe WRG: 85–95 % bei modernen Geräten

Ergebnis: deutlich geringere Heizkosten, kein Schimmelrisiko

Frage 37 (37)

Was versteht man unter dem Mindest-Luftwechsel in Wohngebäuden und welche Werte gelten?

Antwort: Der Luftwechsel (n) gibt an, wie oft das Raumluftvolumen pro Stunde ausgetauscht wird.

Nach DIN 1946-6:

- Lüftung zum Feuchteschutz: $n \geq 0,3 \text{ h}^{-1}$ (Mindestanforderung)
- Nennlüftung: $n \approx 0,4\text{--}0,6 \text{ h}^{-1}$ (Auslegungswert)

Faustformel Frischluftbedarf pro Person: 25–30 m³/h

Blower-Door GEG:

- Ohne Lüftungsanlage: $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$ (bei 50 Pa Druckdifferenz)
 - Mit Lüftungsanlage: $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
-

Frage 38 (38)

Welche Hygieneanforderungen gelten für KWL-Anlagen? Nennen Sie relevante Normen.

Antwort: Hygieneanforderungen nach VDI 6022 und DIN EN 13779:

- Regelmäßiger Filterwechsel (mind. 1× jährlich, F7-Filter empfohlen)
- Reinigung der Kanäle (alle 5 Jahre oder bei Verschmutzung)
- Schutz vor Feuchtigkeitseintrag (keine Kondensatansammlung)
- Hygienische Lüftungsgeräte ohne Rückwärmer aus Metall (kein Rotationswärmetauscher wenn Übertragungsrisiko Abluft→Zuluft)
- Kein Legionellenrisiko bei Trockensystemen
- Regelmäßige Überprüfung und Dokumentation

BEG-Förderung setzt VDI 6022-konforme Ausführung voraus!

Frage 39 (39)

Was beschreibt der Norm-Luftwechsel n_{50} und wie wird er gemessen?

Antwort: n_{50} = Luftwechselrate bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test)

Messverfahren:

- Blower-Door-Gerät wird in Haustür oder Fenster eingebaut
- Ventilator erzeugt Überdruck oder Unterdruck von 50 Pa
- Gemessener Volumenstrom Q_{50} [m³/h] wird auf Gebäudevolumen bezogen
- $n_{50} = Q_{50} / \text{Gebäudevolumen} [\text{h}^{-1}]$

Bedeutung: Gibt die Qualität der Luftdichtheitsebene der Gebäudehülle an

GEG-Grenzwerte:

- Ohne Lüftungsanlage: $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
 - Mit Lüftungsanlage: $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
 - Passivhaus: $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
-