

Liebler - GEB Quiz

Prüfungsvorbereitung · 33 Fragen mit Musterantworten

Biomasse & Holzheizungen

Frage 1 (1.1)

Nennen Sie drei Vorteile von biogenen Brennstoffen.

Antwort: 1. CO₂-Neutralität: Bei der Verbrennung wird nur das CO₂ freigesetzt, das die Pflanze während ihres Wachstums gebunden hat – die Bilanz ist nahezu ausgeglichen.

2. Nachwachsender Rohstoff: Holz und andere Biomasse sind regenerativ und stehen langfristig zur Verfügung, im Gegensatz zu fossilen Energieträgern.

3. Regionale Wertschöpfung & Preisstabilität: Biomasse wird oft lokal erzeugt, reduziert Importabhängigkeiten und unterliegt geringeren Preisschwankungen als Öl oder Gas.

Weitere Vorteile: Förderfähigkeit (BEG), hohe Versorgungssicherheit, kombinierbar mit Pufferspeicher und Solaranlage.

Frage 2 (1.2)

Wodurch wird der Heizwert von Holz maßgeblich beeinträchtigt?

Antwort: Der Heizwert von Holz wird maßgeblich durch den Wassergehalt (Feuchtegehalt) beeinflusst.

- Frischgeschlagenes Holz hat einen Wassergehalt von ca. 50-60 % und damit einen deutlich reduzierten nutzbaren Heizwert.
- Luftgetrocknetes Holz (2 Jahre Lagerung) hat ca. 15-20 % Wassergehalt.
- Holzpellets nach EN ISO 17225-2 haben max. 10 % Wassergehalt.

Faustregel: Je 1 % mehr Wassergehalt sinkt der effektive Heizwert (Hi) um ca. 0,5 %.

Trockenes Holz (15 %): $H_i \approx 4,1 \text{ kWh/kg}$

Frisches Holz (50 %): $H_i \approx 2,0 \text{ kWh/kg}$

Auch die Holzart (Nadel vs. Laubholz) beeinflusst den Heizwert, jedoch deutlich weniger als der Wassergehalt.

Frage 3 (1.3)

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

Antwort: Lagermenge: Laut BImSchV (1. BImSchV) dürfen im Aufstellraum der Feuerstätte maximal 1.000 kg (1 Tonne) Holzpellets gelagert werden.

Zu beachten:

- Der Lagerraum muss trocken und belüftet sein (Pellets quellen bei Feuchtigkeit auf).
- Ausreichend Abstand zu Wärmequellen und Zündquellen einhalten.
- Gefahrstoffhinweise beachten: Pellets geben CO und CO₂ ab (Erstickengefahr) – kein Betreten geschlossener Lagerräume ohne Belüftung.
- Bei größeren Mengen (Jahresvorrat) ist ein separater Lagerraum (Pelletlager) mit Sicherheitsabstand und baulichen Anforderungen erforderlich.
- Staubsichte Silobehälter oder Gewebetanks sind üblich für Lager > 1 Tonne.

Frage 4 (1.4)

Welche Puffervolumen fordert die KfW für mögliche Förderungen für Biomasse?

Antwort: Gemäß BEG (Bundesförderung für Effiziente Gebäude) / KfW-Anforderungen:

- Pelletkessel und Hackschnitzelkessel: mindestens 30 Liter Puffervolumen pro kW installierter Nennwärmeleistung.
- Scheitholzvergaserkessel: mindestens 55 Liter pro kW.

Beispiel: Pelletkessel mit 15 kW Nennleistung → mind. 450 Liter Pufferspeicher.

Zweck des Pufferspeichers:

- Vermeidet Kurztaktbetrieb (schadet dem Kessel und erhöht Emissionen).
- Ermöglicht effizienten Vollastbetrieb.
- Speichert Überschusswärme und verbessert die Systemeffizienz.

Hinweis: Seit 2024 läuft die KfW-Förderung für Biomasse über das BAFA (BEG EM), die Mindestanforderungen können aktualisiert sein – stets aktuelle BEG-Merkblätter prüfen.

Frage 5 (1.5)

Welche „Klebstoffe“ sind bei der Herstellung von Holzpellets nicht erlaubt?

Antwort: Bei der Herstellung von Holzpellets nach ENplus / DINplus (EN ISO 17225-2) gilt:

Nicht erlaubt:

- Synthetische Klebstoffe und Bindemittel (z. B. Kunstharze, Leimstoffe auf Kunstharzbasis).
- Klebstoffe mit gesundheitsschädlichen oder umweltgefährdenden Inhaltsstoffen.
- Stärke aus gentechnisch veränderten Organismen (GVO).

Erlaubt (in sehr geringen Mengen):

- Natürliche Stärke (z. B. aus Mais oder Kartoffeln) als Bindemittel bis ca. 2 %.
- Rapsöl oder andere Pflanzenöle in Spuren Mengen.

Wichtig: In der Praxis binden sich Holzpellets primär durch das im Holz enthaltene Lignin, das unter Druck und Wärme (90–120 °C) beim Pressen als natürlicher Binder wirkt – externe Klebstoffe sind meist nicht erforderlich.

Frage 6 (1.6)

Mit welchen Messeinrichtungen kann die Verbrennungsqualität bei Biomasse überwacht werden?

Antwort: 1. Lambda-Sonde (O₂-Sensor): Misst den Restsauerstoffgehalt im Abgas und regelt die Verbrennungsluft für eine optimale Verbrennung (Luftzahl $\lambda \approx 1,1$ –1,5 für Biomasse).

2. CO-Sensor (Kohlenmonoxid-Sensor): Erkennt unvollständige Verbrennung; hohe CO-Werte zeigen Luftmangel oder Verbrennungsprobleme an.

3. Abgastemperatursensor: Überwacht die Abgastemperatur; zu hohe Temperatur → schlechter Wirkungsgrad; zu niedrig → Kondensation / Versottung des Schornsteins.

4. Lambdatronic / Verbrennungsregler: Kombiniertes System, das O₂-Gehalt, Abgastemperatur und Kesseldruck auswertet und automatisch regelt.

5. Drucksensor im Feuerraum: Überwacht den Unterdruck im Brennraum (wichtig für gleichmäßige Verbrennung).

Bei Anlagenprüfungen wird zusätzlich ein tragbares Abgasmessgerät (z. B. Wöhler A 500) für CO, CO₂, O₂, Abgastemperatur und Rußzahl eingesetzt.

Frage 7 (1.7)

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

Antwort: 1. Unterschubbrenner (Einschubbrenner):

Pellets werden von unten durch eine Förderschnecke in die Brennkammer eingeschoben. Einfacher Aufbau, günstig, für Leistungen bis ca. 50 kW geeignet. Asche fällt seitlich ab.

2. Oberbrenner (Fallstrom-/Topbrenner):

Pellets fallen von oben in den Brenntopf. Gut für Umrüstkessel geeignet, einfache Reinigung. Brenntopf aus Stahl oder Keramik.

3. Saugzugbrenner / Horizontalbrenner (Vorderbrenner):

Pellets werden horizontal zugeführt. Oft für größere Leistungen, ermöglicht gute Verbrennungsführung und niedrige Emissionen. Geringer Rückverschmorungsschutz erforderlich.

Zusätzlich gibt es Muffelbrenner (Brennkammer als Muffel), die sehr geringe Emissionen ermöglichen und für Spitzengeräte eingesetzt werden.

Frage 8 (1.8)

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

Antwort: Förderfähige Anlagen (BEG EM / BAFA):

- Automatisch beschickte Biomassekessel (Pellets, Hackschnitzel, Holzhackgut)
- Biomassekessel mit Kombination Solarthermie oder Wärmepumpe
- Scheitholzvergaserkessel (eingeschränkt)

Nicht gefördert: Kaminöfen und offene Kamine (ausschließlich für Komfort).

Technische Voraussetzungen (BEG EM 2024):

- Jahresnutzungsgrad: $\geq 81\%$ (Kesselwirkungsgrad)
- Staubemissionen: $\leq 2,5 \text{ mg/m}^3$ (BlmSchV-Anforderung; Partikelabscheider oft erforderlich)
- Pufferspeicher: $\geq 30 \text{ l/kW}$ (Pellets/Hackschnitzel), $\geq 55 \text{ l/kW}$ (Scheitholz)
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Einbau durch Fachbetrieb mit Inbetriebnahmeprotokoll
- Einbindung in ein Effizienzhaus (bei Einzelmaßnahme nicht zwingend)
- Nicht kombinierbar mit Gas- oder Ölheizung als Haupterzeuger (Hybridregelungen beachten)

Fördersatz: Grundförderung 30 %, zzgl. Klima-Bonus etc. (je nach aktuellem Programm prüfen).

Frage 9 (1.9)

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

Antwort: Definition Primärenergiefaktor (fP):

Der Primärenergiefaktor gibt an, wie viel Primärenergie (einschließlich Gewinnung, Transport, Umwandlung) insgesamt aufgewendet werden muss, um einer Einheit nutzbarer Endenergie bereitzustellen.

fP berücksichtigt:

- den nicht erneuerbaren Anteil der Primärenergie (relevant für GEG-Nachweis)
- die gesamte Prozesskette vom Rohstoff bis zur Lieferung

Wert für Holzhackschnitzel:

- fP (nicht erneuerbar) = 0,2 nach DIN V 18599 / GEG
(d. h. nur 20 % der eingesetzten Energie stammt aus nicht erneuerbaren Quellen)

Vergleich:

- Erdgas: fP = 1,1
- Heizöl: fP = 1,1
- Strom (Bundesdurchschnitt): fP = 1,8 (sinkt mit Erneuerbaren)
- Holzpellets: fP = 0,2
- Fernwärme: variabel, je nach Erzeugung

Bedeutung für die Energieberatung: Biomasse-Heizungen verbessern die Primärenergiebilanz eines Gebäudes erheblich und helfen beim Erreichen der GEG-Anforderungen.

Solaranlagen

Frage 10 (S-1)

Definieren Sie den Begriff „Globalstrahlung“.

Antwort: Globalstrahlung ist die Gesamtheit der auf eine horizontale Fläche auftreffenden Sonnenstrahlung.

Sie setzt sich zusammen aus:

- Direktstrahlung: Strahlung, die direkt und ohne Streuung von der Sonne auf die Fläche trifft.
- Diffusstrahlung: Strahlung, die durch Streuung an Wolken, Luftmolekülen und Aerosolen aus dem gesamten Himmelsbereich kommt.

Einheit: W/m^2 (momentane Leistung) oder $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ (jährlicher Ertrag)

Typische Werte in Deutschland:

- Horizontal: ca. 900–1.200 $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ (je nach Region)
- Süddeutschland: bis 1.200 $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$
- Norddeutschland: ca. 950–1.050 $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$

Auf einem optimal geneigten und ausgerichteten Kollektor (Süd, 35–45°) kann die Einstrahlung um ca. 10–15 % höher liegen als auf der Horizontalen.

Frage 11 (S-2)

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

Antwort: Thermische Solaranlage:

- Wandelt Sonnenstrahlung in Wärme um.
- Arbeitet mit Solarkollektoren (Flachkollektor oder Röhrenkollektor).
- Das Wärmeträgermedium (Wasser-Glykol-Gemisch) wird im Kollektor erwärmt und gibt Wärme über einen Wärmetauscher an den Speicher ab.
- Nutzung: Trinkwassererwärmung, Heizungsunterstützung, Schwimmbad.
- Wirkungsgrad: 60–80 % (bezogen auf eingestrahlte Energie).

Photovoltaikanlage (PV):

- Wandelt Sonnenstrahlung direkt in elektrischen Strom um (photoelektrischer Effekt).
- Arbeitet mit Solarmodulen (Siliziumzellen).
- Erzeugt Gleichstrom → Wechselrichter wandelt in Netzwechselstrom um.
- Nutzung: Stromerzeugung (Eigenverbrauch, Einspeisung ins Netz).
- Wirkungsgrad: 15–22 % (bezogen auf eingestrahlte Energie).

Wesentlicher Unterschied: Thermisch → Wärme; PV → Strom. Beide können kombiniert werden (Solarthermie + PV oder Hybridkollektor PVT).

Frage 12 (S-3)

Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten für die thermische Nutzung von Sonnenenergie.

Antwort: 1. Trinkwassererwärmung (Brauchwasserbereitung):

Häufigste Anwendung; Deckungsgrad 50–65 % des jährlichen Warmwasserbedarfs.

2. Heizungsunterstützung (kombinierte Anlage):

Größere Kollektorfläche + Pufferspeicher; Deckungsgrad 15–30 % des Heizwärmebedarfs.

3. Schwimmbaderwärmung / Freibadheizung:

Kostengünstige Anwendung; oft einfache Kunststoffabsorber ohne Abdeckung.

4. Prozesswärme in Gewerbe und Industrie:

Niedertemperaturprozesse bis ca. 80–120 °C (z. B. Wäscherei, Lebensmittelverarbeitung).

5. Solare Kälteerzeugung (Solarkühlung):

Über Absorptionskältemaschinen; Wärme wird zur Kälteerzeugung genutzt.

6. Solare Nahwärme / Solare Fernwärme:

Großkollektorfelder versorgen Wohnsiedlungen oder Industriegebiete.

7. Solare Trinkwasserentkeimung / Desinfektion:

In Entwicklungsländern zur Wasseraufbereitung.

Frage 13 (S-4)

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

Antwort: Brauchwasserspeicher (Trinkwarmwasserspeicher):

- Speichert erwärmtes Trinkwasser direkt (im direkten System) oder erwärmt es über einen integrierten Wärmetauscher (im indirekten System).
- Muss den Trinkwasserhygieneanforderungen (DVGW W 551) entsprechen.
- Temperatur im Speicher: mind. 60 °C (Legionellenschutz) im gesamten Speicher.
- Volumen: typisch 200–400 Liter für Einfamilienhaus.
- Material: emaillierter Stahl oder Edelstahl.

Pufferspeicher:

- Speichert Heizungswasser (kein Trinkwasser) als Wärmepuffer.
- Entkoppelt Wärmeerzeuger und Wärmeabnehmer (z. B. Kessel läuft im Volllastbetrieb und lädt den Puffer; Heizkreis entnimmt Wärme kontinuierlich).
- Kein besonderer Hygieneschutz notwendig, da kein Trinkwasser.
- Temperatur: 30–90 °C je nach System.
- Volumen: 200 Liter bis mehrere Kubikmeter.

Kombispeicher: Kombiniert beide Funktionen; Trinkwasser wird durch einen eingeschobenen Edelstahlbehälter oder Wendel im Pufferspeicher erwärmt (hygienekonform).

Frage 14 (S-5)

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

Antwort: Definition Nachheizung:

Die Nachheizung (auch Zusatzheizung) ist ein konventioneller Wärmeerzeuger (Heizkessel, Wärmepumpe, elektrischer Heizstab), der bei unzureichendem Solarertrag die fehlende Wärmemenge bereitstellt.

Aufgabe:

- Sicherstellung der Mindesttemperatur im oberen Speicherbereich (i. d. R. 45–60 °C) zu jeder Zeit.
- Hygienesicherung: mind. 60 °C zur Legionellenprävention (Aufheizung mind. einmal täglich).
- Bedarfsdeckung bei schlechter Solarstrahlung (Nacht, Winter, bewölkte Perioden).

Einbindung:

- Die Nachheizung wirkt immer nur auf den oberen Teil des Speichers (oberes Drittel).
- Der solare Wärmetauscher befindet sich im unteren Speicherbereich → so bleibt ein großes kaltes Volumen für den Solar-Ertrag erhalten.

Effizienzhinweis: Eine zu früh einsetzende oder zu hohe Nachheiztemperatur verringert den solaren Deckungsgrad. Thermostatventile oder Solarregler steuern die Nachheizung bedarfsgerecht.

Frage 15 (S-6)

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

Antwort: Prinzip: Differenztemperaturregelung (ΔT -Regelung)

Komponenten:

- Temperaturfühler am Kollektor (T_K)
- Temperaturfühler im Speicher unten (T_S)
- Differenztemperaturregler (Solarregler)
- Solarpumpe im Solarkreis

Funktionsweise:

1. Einschaltbedingung: Wenn $T_K - T_S > \Delta T_{\text{ein}}$ (typisch 7–10 K) → Pumpe startet, Solarkreis wird aktiv.
2. Betrieb: Die Pumpe fördert das Wärmeträgermedium (Wasser-Glykol) vom Kollektor zum Wärmetauscher im Speicher unten.
3. Ausschaltbedingung: Wenn $T_K - T_S \geq T_{\text{max}}$ (z. B. 85–95 °C) → Pumpe stoppt (Überhitzungsschutz / Stagnation).

Zusatzfunktionen moderner Regler:

- Volumenstromerfassung über Durchflussmesser
- Ertragsmessung (kWh)

- Frostschutz (Pumpe startet bei $T_K < 3\text{ °C}$)
- Legionellenfunktion (periodische Aufheizung)

Frage 16 (S-7)

Erklären Sie den Begriff „Deckungsgrad“ einer thermischen Solaranlage.

Antwort: Definition:

Der Deckungsgrad (D) gibt an, welcher Anteil des Wärmebedarfs (z. B. Warmwasser oder Heizung) durch die Solaranlage gedeckt wird.

Formel:

$$D = Q_{\text{solar}} / Q_{\text{gesamt}} \times 100 \%$$

Dabei:

- Q_{solar} = jährlicher Solarertrag in kWh
- Q_{gesamt} = jährlicher Gesamtwärmebedarf in kWh

Typische Deckungsgrade:

- Trinkwassererwärmung (EFH): 55–65 % jährlich
(im Sommer nahezu 100 %, im Winter 0–20 %)
- Trinkwasser + Heizungsunterstützung: 15–35 %

Hinweis: Ein Deckungsgrad von 100 % wäre unwirtschaftlich – im Sommer würde massive Überschussenergie entstehen. Optimal ist eine Auslegung, die Stagnation minimiert und dennoch hohe solare Deckung erzielt.

Jahresdeckungsgrad $\neq$ monatlicher Deckungsgrad: Der monatliche Deckungsgrad variiert stark (Sommer deutlich höher als Winter).

Frage 17 (S-8)

Nennen Sie die Bauteile und Sicherheitseinrichtungen einer „Solarstation“.

Antwort: Eine Solarstation ist eine kompakte Baugruppe, die alle wesentlichen hydraulischen und sicherheitstechnischen Komponenten des Solarkreises enthält.

Bauteile:

- Solarpumpe (Hocheffizienzpumpe / EC-Motor)
- Durchflussmesser (Schwebekörpermessgerät zur VolumenstromEinstellung)
- Absperrventile / Kugelhähne (Wartung und Absperren)
- Schmutzfilter (Feinfilter zum Schutz der Pumpe)
- Wärmedämmung (zur Minimierung von Wärmeverlusten)
- Anschlüsse für Vor- und Rücklauf

Sicherheitseinrichtungen:

- Sicherheitsventil (öffnet bei Überdruck, z. B. 6 bar) – schützt vor Drucküberschreitung
- Manometer (Druckanzeige des Solarkreises)
- Membranausdehnungsgefäß (MAG) – nimmt Volumenänderungen des Wärmeträgers bei Erwärmung auf
- Automatischer Entlüfter (Luftabscheider) – entfernt Luft aus dem Kreislauf
- Temperatur-/Druckbegrenzer (bei bestimmten Systemen)

Das MAG ist besonders wichtig, da sich das Glykol-Wasser-Gemisch bei hohen Temperaturen stark ausdehnt.

Frage 18 (S-9)

Welche Aufgabe und Funktion hat der Durchflussmesser innerhalb einer Solaranlage?

Antwort: Aufgabe des Durchflussmessers:

Einstellung und Kontrolle des Volumenstroms (l/min oder l/h) im Solarkreislauf.

Funktion:

1. Einstellung des Sollvolumenstroms:

Der Volumenstrom wird bei der Inbetriebnahme auf den optimalen Wert eingestellt.
Empfehlung: 30–50 l/(h·m²) Kollektorfläche (Niedrigfluss-Variante: 15–20 l/(h·m²))

2. Effizienzoptimierung:

- Zu hoher Volumenstrom → geringes ΔT zwischen Vor- und Rücklauf → Pumpe arbeitet unnötig viel, Regler kann schlecht regeln.
- Zu niedriger Volumenstrom → zu hohe Kollektortemperaturen → Stagnationsgefahr, Wärmeträger überhitzt.

3. Ertragsberechnung:

In Kombination mit einem Temperaturfühlerpaar (Vor-/Rücklauf) kann der thermische Ertrag (kWh) berechnet werden: $Q = V \times \rho \times c_p \times \Delta T$

4. Leckageerkennung:

Veränderter Volumenstrom kann auf Leckagen oder Luft im System hinweisen.

Bauform: meist Schwebekörper-Durchflussmesser mit Einstellschraube, integriert in der Solarstation.

Frage 19 (S-10)

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

Antwort: Empfohlener Neigungswinkel:

Für Trinkwassererwärmung (ganzjährig):

- 30–45° zur Horizontalen
- Optimal: ca. 35–40°
- Begründung: In diesem Bereich wird die Globalstrahlung über das gesamte Jahr möglichst gleichmäßig genutzt. Im Sommer (hoher Sonnenstand) ist die Strahlung auch bei geringerer Neigung noch effektiv; im Winter (niedrigerer Sonnenstand) verbessert die Neigung die Ausbeute.

Für Heizungsunterstützung (Winterbetrieb):

- 50–65° zur Horizontalen
- Optimal: ca. 60°
- Begründung: Steilere Neigung erhöht den Einfallswinkel im Winter (wenn die Sonne tief steht), maximiert den Winterertrag und reduziert Überhitzung im Sommer.

Ausrichtung:

- Ideal: Süd (Azimut 0°)
- Akzeptabel: Südost bis Südwest (–45° bis +45°), Ertragsminderung ca. 5–10 %

Faustregel: Neigungswinkel $\approx$ geographische Breite des Standorts (Deutschland: ca. 47–54°) → für WW-Bereitung leicht kleiner, für Heizungsunterstützung leicht größer wählen.

Frage 20 (S-11)

Beschreiben Sie den Unterschied von einem Schichtladespeicher zu einem Schichtenspeicher.

Antwort: Schichtenspeicher (stratified tank):

- Das Wasser im Speicher lagert sich natürlich in Temperaturschichten (Thermokline) – warmes Wasser oben, kühles unten.
- Die Einspeisung erfolgt über spezielle Einlassdüsen oder Lanzensysteme, die den Rücklauf auf der thermisch passenden Ebene einschichten (temperaturgesteuerte Einlassventile).
- Kein externer Umladefunktioniert: Ladung erfolgt direkt im Speicher durch laminare Einströmung.
- Vorteile: hohe Effizienz durch minimale Durchmischung, gute Kombination mit Solar.

Schichtladespeicher (layer-charging tank):

- Zusätzlich zu den Speichereigenschaften des Schichtenspeichers enthält er ein externes oder internes Schichtlademodul (Bypassventil oder externer Wärmetauscher).
- Das System lädt aktiv von oben: Heißes Medium wird oben eingespeist und die Schichten „rutschen“ nach unten.
- Oft in Verbindung mit Pelletkesseln oder Wärmepumpen: Der Kessel heizt immer von oben, der Solar-Wärmetauscher sitzt unten.
- Vorteil: Sehr geringe Rücklauftemperaturen an den Wärmeerzeuger möglich → verbessert

Kesselwirkungsgrad und Kondensation bei Brennwertkesseln.

Kurzfassung: Beide sind Schichtenspeicher; der Schichtladespeicher hat zusätzlich eine Ladeeinheit (Modul/Pumpe) zur aktiven schichtweisen Beladung.

Wärmepumpe

Frage 21 (W-1)

Nennen Sie die Hauptbestandteile einer Wärmepumpe.

Antwort: Eine Wärmepumpe arbeitet nach dem Prinzip des Kältemaschinen-Kreisprozesses (Carnot-Kreisprozess) und besteht aus vier Hauptkomponenten:

1. Verdampfer:

Nimmt Wärme aus der Wärmequelle (Luft, Wasser, Erdreich) auf. Das flüssige Kältemittel verdampft bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur.

2. Kompressor (Verdichter):

Verdichtet den Kältemitteldampf → Druck und Temperatur steigen stark an. Elektrisch angetrieben (größter Stromverbraucher der WP).

3. Verflüssiger (Kondensator):

Das heiße Hochdruckgas gibt seine Wärme an das Heizsystem (Heizwasser) ab. Das Kältemittel kondensiert und wird wieder flüssig.

4. Expansionsventil (Drosselventil):

Entspannt das flüssige Kältemittel auf niedrigen Druck → Temperatur fällt stark ab → Kreisprozess beginnt von vorn.

Merkhilfe: Verdampfer → Kompressor → Verflüssiger → Expansionsventil → (zurück zum Verdampfer)

Frage 22 (W-2)

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

Antwort: Optimale Wärmequelle: Erdreich (Sole-Wasser-Wärmepumpe)

Begründung:

1. Konstante Temperatur:

Das Erdreich hat ab ca. 1,5–2 m Tiefe eine ganzjährig konstante Temperatur von 8–12 °C (tiefenabhängig). Im Gegensatz zur Außenluft gibt es keine starken Temperaturschwankungen.

2. Hohe Jahresarbeitszahl (JAZ):

Wegen der konstant höheren Quellentemperatur (auch im Winter) kann die WP immer mit hohem COP arbeiten → JAZ 4,0–5,0 und mehr.

3. Kein Abtaupproblem:

Anders als bei Luft-Wasser-WP muss der Verdampfer nicht abgetaut werden.

4. Leiser Betrieb:

Keine Außeneinheit mit Ventilator → kein Geräuschproblem für Nachbarn.

5. Unabhängigkeit von Außentemperatur:

Bei Luft-WP sinkt die Leistung genau dann, wenn der Heizbedarf am größten ist (Kälteeinbruch). Bei Erdreich-WP bleibt die Leistung stabil.

Einschränkungen: Höhere Installationskosten (Bohrung oder Kollektor), Genehmigung erforderlich (Erdwärmesonde), mehr Platzbedarf (Flächenkollektor).

Frage 23 (W-3)

Was versteht man unter der monoenergetischen Betriebsweise einer Wärmepumpe?

Antwort: Definition monoenergetisch:

Die Wärmepumpe ist der einzige Wärmeerzeuger (eine Energiequelle = mono), wird aber bei sehr tiefen Außentemperaturen durch einen elektrischen Heizstab (integriert oder extern) unterstützt.

Charakteristika:

- Nur eine Energieform: Strom (daher „monoenergetisch“)
- Die WP deckt den gesamten Heizbedarf bis zum Bivalenzpunkt (typisch -2 bis -7 °C).
- Unterhalb des Bivalenzpunkts schaltet sich der Elektro-Heizstab zu.
- Es gibt keinen zweiten, unabhängigen Wärmeerzeuger (z. B. keinen Gaskessel).

Abgrenzung:

- Monovalent: WP deckt 100 % des Bedarfs allein, ohne jede Zusatzheizung.
- Monoenergetisch: WP + elektrischer Heizstab (gleiche Energiequelle: Strom).
- Bivalent: WP + zweiter Wärmeerzeuger anderer Energieart (z. B. WP + Gaskessel).

Vorteil monoenergetisch: Einfaches System, nur Stromanschluss nötig, kein zweiter Brennstoff.

Nachteil: Der Heizstab hat schlechten Wirkungsgrad ($COP = 1$), daher erhöhter Stromverbrauch in den kältesten Stunden des Jahres.

Frage 24 (W-4)

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

Antwort: Leistungszahl (COP - Coefficient of Performance):

Die Leistungszahl gibt das Verhältnis von abgegebener Heizleistung zur aufgenommenen elektrischen Leistung an.

$$COP = Q_{\text{Heiz}} / P_{\text{el}}$$

Beispiel: $COP = 4$ bedeutet: Bei 1 kW elektrischer Energie liefert die WP 4 kW Wärme (1 kW eingekauft + 3 kW aus der Umwelt = 4 kW Wärme).

Beeinflussung des COP – maßgeblich durch die Temperaturspreizung:

1. Quelltemperatur (Verdampfungstemperatur):
Je höher die Quelltemperatur (Erdreich, Wasser, Luft), desto besser der COP .
2. Senktemperatur (Vorlauftemperatur Heizung):
Je niedriger die Heizungsvorlauftemperatur, desto besser der COP .
→ Fußbodenheizung (35 °C VL) ideal; Radiatoren (70 °C VL) sehr schlecht.

Faustregel: Pro 1 K Absenkung der Vorlauftemperatur oder Erhöhung der Quelltemperatur steigt der COP um ca. 2-3 %.

Jahresarbeitszahl (JAZ):

Mittlerer COP über ein ganzes Jahr; praxisrelevanter als der instantane COP .

Anforderung BEG: $JAZ \geq 2,5$ (Luft-WP) bzw. $\geq 3,0$ (Sole-WP).

Frage 25 (W-5)

Erklären Sie den Begriff „GWP“ und was versteht man darunter?

Antwort: GWP = Global Warming Potential (Globales Erwärmungspotenzial / Treibhauspotenzial)

Definition:

Das GWP gibt an, wie stark ein Stoff (z. B. ein Kältemittel) zum Treibhauseffekt beiträgt, im Vergleich zu CO_2 .

Bezugsgröße: CO_2 hat $GWP = 1$ (über 100 Jahre)

Bedeutung für Wärmepumpen:

Wärmepumpen arbeiten mit Kältemitteln, die bei Leckage in die Atmosphäre gelangen können. Ein hohes GWP bedeutet hohen Klimaschaden bei Freisetzung.

Kältemittel-Vergleich:

- R410A: GWP = 2.088 → wird schrittweise verboten (F-Gas-Verordnung EU)
- R32: GWP = 675 → aktuell häufig eingesetzt
- R290 (Propan): GWP = 3 → sehr klimafreundlich, aber brennbar
- R744 (CO₂): GWP = 1 → ideal, aber hohe Drücke erforderlich
- R454B, R466A: GWP 750 in vielen Anwendungen nicht mehr in Verkehr gebracht werden.

Trend: Niedrig-GWP-Kältemittel (natürliche Kältemittel wie Propan, CO₂, Ammoniak).

Frage 26 (W-6)

Welche Wärmepumpen benötigen eine „Abtauung“? Und warum?

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

Warum Abtauung notwendig?

Bei Außenlufttemperaturen unter ca. 5 °C gilt:

- Die Temperatur des Kältemittels im Verdampfer liegt deutlich unter 0 °C (je nach Betriebspunkt –5 bis –15 °C).
- Die Außenluft enthält Feuchtigkeit (relative Luftfeuchte).
- Wenn die feuchte Außenluft über den Verdampfer strömt, kondensiert die Feuchtigkeit und friert an den Lamellen des Verdampfers an.
- Reifschicht / Eisschicht → Querschnitt wird kleiner → Luftwiderstand steigt → Wärmeleistung sinkt → Effizienz nimmt ab.

Abtauverfahren:

1. Heißgas-Abtauung: Heißes Kältemittel aus dem Kompressor wird kurzzeitig durch den Verdampfer geleitet → Eis schmilzt (ca. 3–5 min).
2. Elektro-Abtauung: Elektrische Heizstäbe tauen den Verdampfer ab (ineffizient).
3. Umluft-Abtauung: Warme Raumluft oder Abwärme wird genutzt.

Hinweis: Erdreich-WP (Sole-WP) und Wasser-WP benötigen keine Abtauung, da die Quelltemperatur immer über 0 °C liegt.

Frage 27 (W-7)

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

Antwort: Ja, es gibt Mindest-Wärmequelltemperaturen, die nicht unterschritten werden dürfen.

Mindesttemperaturen:

- Grundwasser-Eintrittstemperatur am Verdampfer: mindestens 5–7 °C (je nach Hersteller)
- Rücklauftemperatur ins Grundwasser (Schluckbrunnen): $\geq 2-4$ °C

Begründung:

1. Frostschutz des Verdampfers:

Fällt die Wassertemperatur unter 0 °C, gefriert das Grundwasser im Verdampfer → schwere mechanische Schäden am Wärmetauscher.

2. Einfrieren des Schluckbrunnens:

Das abgekühlte Rücklaufwasser darf nicht unter 0 °C sinken → sonst gefriert das Grundwasser im Schluckbrunnen und verstopft die Einleitung.

3. Effizienz:

Je niedriger die Quelltemperatur, desto schlechter der COP. Unterhalb bestimmter Temperaturen ist der Betrieb unwirtschaftlich.

4. Genehmigungsrecht:

Die Wasserrechtsbehörde kann Mindesttemperaturen vorschreiben, um negative Auswirkungen auf das Grundwasserökosystem zu vermeiden.

Typische Grundwassertemperaturen in Deutschland: 8–12 °C (ganzjährig stabil) → sehr gute

Betriebsbedingungen.

Frage 28 (W-8)

Was versteht man unter dem Begriff „Kälteleistung“ einer Wärmepumpe?

Antwort: Definition Kälteleistung (Q_0):

Die Kälteleistung ist die thermische Leistung, die die Wärmepumpe der Wärmequelle (Erdreich, Wasser, Luft) entzieht.

Zusammenhang:

$$Q_{\text{Heiz}} = Q_0 + P_{\text{el}}$$

Dabei:

- Q_{Heiz} = Heizleistung (am Verflüssiger abgegeben)
- Q_0 = Kälteleistung (am Verdampfer aufgenommen = aus der Umwelt)
- P_{el} = elektrische Leistung des Kompressors

Beispiel:

Wärmepumpe mit COP = 4 und Heizleistung 8 kW:

- $P_{\text{el}} = 8 / 4 = 2 \text{ kW}$
- $Q_0 = 8 - 2 = 6 \text{ kW}$ Kälteleistung (aus Erdreich entzogen)

Bedeutung:

- Relevant für die Auslegung der Wärmequellenanlage (Größe des Erdkollektors oder der Sonden).
- Faustregel Flächenkollektor: 10–40 W Kälteleistung pro m^2 Kollektorfläche (bodenabhängig).
- Faustregel Erdwärmesonde: 30–100 W/m Sondenlänge (gesteinsabhängig).

Die Kälteleistung steigt mit steigender Quellentemperatur und sinkendem COP.

Frage 29 (W-9)

Benennen Sie zwei Kühlungsvarianten einer Wärmepumpe. Und wie unterscheiden sie sich?

Antwort: Variante 1: Aktive Kühlung (Active Cooling)

- Der Kältemittelkreislauf wird vollständig umgekehrt (Wärmepumpe läuft im Kühlmodus).
- Der Kompressor läuft weiterhin → Wärme wird aus dem Gebäude an die Quelle (Erdreich, Luft, Wasser) abgegeben.
- Hohe Kühlleistung möglich.
- Benötigt Lüfterkonvektoren oder Kühldecken (Fußbodenheizung nur eingeschränkt für Kühlung geeignet).
- Nachteil: Kompressor arbeitet, erhöhter Stromverbrauch.

Variante 2: Passive Kühlung / Natural Cooling (Freie Kühlung)

- Nur bei Sole-Wasser-WP (Erdreich) oder Wasser-Wasser-WP möglich.
- Kältemittelkreislauf wird NICHT umgekehrt – Kompressor bleibt aus.
- Kühles Erdreich (8–12 °C) kühlt direkt das Heizungswasser über einen Wärmetauscher.
- Nur eine kleine Umwälzpumpe läuft → sehr energieeffizient (COP der Kühlung > 10).
- Nachteil: Begrenzte Kühlleistung (max. ca. 5–7 K Temperatursenkung), abhängig von Erdreichtemperatur.

Fazit: Aktive Kühlung bietet mehr Leistung; passive Kühlung ist deutlich effizienter und einfacher, aber leistungsbeschränkt.

Frage 30 (W-10)

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

Antwort: Definition Bivalenzpunkt:

Der Bivalenzpunkt ist die Außentemperatur, bei der die Heizleistung der Wärmepumpe genau dem Heizwärmebedarf (Heizlast) des Gebäudes entspricht.

- Oberhalb des Bivalenzpunkts: WP deckt den gesamten Wärmebedarf allein.
- Unterhalb des Bivalenzpunkts: WP-Leistung reicht nicht aus → Zusatzheizung (Heizstab) schaltet zu.

Bestimmung / Berechnung:

Schritt 1: Gebäudeheizlastkurve

Die normative Heizlast (EN 12831) ergibt bei Norm-Außentemperatur (z. B. -12 °C in Region A) die maximale Heizlast.

Heizlastkurve: lineare Abnahme der Heizlast bei steigender Außentemperatur.

Schritt 2: WP-Leistungskurve

Die Heizleistung der WP sinkt mit fallender Außentemperatur (Luft-WP) oder bleibt konstant (Sole-WP).

Hersteller gibt Leistung bei verschiedenen Betriebspunkten an (z. B. A–7/W35, A2/W35, A7/W35).

Schritt 3: Schnittpunkt

Der Bivalenzpunkt ist der Schnittpunkt beider Kurven.

Typische Bivalenzpunkte:

- Monoenergetisch: -5 bis -7 °C (ca. 99 % der Jahresstunden werden von der WP allein gedeckt)
- Bivalent: -2 bis $+5\text{ °C}$ (zweiter Erzeuger läuft häufiger)

Frage 31 (W-11)

Was versteht man unter einer Split-Wärmepumpe?

Antwort: Definition Split-Wärmepumpe:

Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, bei der die Anlage in zwei räumlich getrennte Einheiten (Inneneinheit und Außeneinheit) aufgeteilt ist, die über Kältemittelleitungen verbunden sind.

Aufbau:

- Außeneinheit (Outdoorunit): Enthält Verdampfer, Ventilator, Kompressor und Expansionsventil.
- Inneneinheit (Indoorunit): Enthält Verflüssiger (Wärmetauscher zum Heizwasser), Steuerung, Pufferspeicher-Anschlüsse.
- Verbindung: Zwei isolierte Kupferrohre (Kältemittelleitungen, vor Ort vom Kälteanlagenbauer gelötet/gecrimt).

Vorteile gegenüber Kompakt-WP (Monoblock):

- Geringere Schallemissionen im Gebäude (Kompressor draußen).
- Keine langen Wasserrohre außen → kein Frostrisiko.
- Flexiblere Aufstellung.

Nachteile:

- Kältemittelleitungen müssen von zertifiziertem Kälteanlagenbauer installiert werden (§ 5 ChemKlimaschutzV).
- Kältemittel-Leckagerisiko durch Verbindungen im Außenbereich.
- Teurer in der Installation.

Abgrenzung Monoblock-WP: Beim Monoblock sind alle Kältemittelkomponenten in der Außeneinheit, außen laufen nur Wasserrohre → einfachere Installation.

Frage 32 (W-12)

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

Antwort: Definition Inverter-Wärmepumpe:

Eine Wärmepumpe mit drehzahlgeregeltem Kompressor (Frequenzumrichter / Inverter), der die Kompressorleistung stufenlos an den aktuellen Wärmebedarf anpasst.

Funktionsprinzip:

- Ein Frequenzumrichter (Inverter) ändert die Frequenz des Wechselstroms für den Kompressormotor.
- Hohe Frequenz → schneller Kompressor → hohe Heizleistung.
- Niedrige Frequenz → langsamer Kompressor → geringe Heizleistung.
- Modulationsbereich typisch: 20–120 % der Nennleistung.

Vorteile gegenüber nicht geregelter WP (On/Off-WP):

1. Effizienz: Betrieb im Teillastbereich mit höherem COP als im Volllastbetrieb.
2. Komfort: Gleichmäßige Raumtemperatur, kein Takten, kein Temperaturschwanken.
3. Lebensdauer: Kein häufiges An- und Abschalten → geringerer Verschleiß am Kompressor.
4. Niedrigere Vorlauftemperaturen: Stufenloser Betrieb ermöglicht niedrigere und damit effizientere Vorlauftemperaturen.
5. Geringe Spitzenstromlast: Kein hoher Anlaufstrom beim Einschalten.

Nachteil: Höhere Anschaffungskosten; mehr Elektronik = potenziell wartungsintensiver.

Heute gilt: Inverter-WP ist Standard bei Luft-Wasser-WP; bei Sole-WP zunehmend verbreitet.

Frage 33 (W-13)

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

Antwort: WQA = Wärmequellenanlage

Möglichkeit 1: Erdwärme-Flächenkollektor (horizontaler Erdkollektor)

Beschreibung:

- Kunststoffrohre (PE-Rohre) werden horizontal in ca. 1,2–1,5 m Tiefe verlegt (unterhalb der Frosttiefe).
- Das Sole-Wasser-Gemisch (Wasser + Frostschutzmittel Ethylenglykol/Propylenglykol) zirkuliert durch die Rohre und nimmt Erdwärme auf.

Zu beachten:

- Flächenbedarf: ca. 2–3 × Wohnfläche (z. B. 150 m² WF → 300–450 m² Kollektorfläche).
- Keine Bebauung oder Bepflanzung mit Tiefwurzeln über dem Kollektor.
- Solegemisch: frostsicher bis –15 °C; umweltgerechtes Frostschutzmittel verwenden.
- Genehmigung: In den meisten Bundesländern genehmigungsfrei, aber behördliche Anzeige empfohlen.
- Quelltemperatur: regeneriert sich im Sommer durch Sonneneinstrahlung; darf nicht dauerhaft unter 0 °C sinken.

Möglichkeit 2: Erdwärmesonde (vertikale Bohrung)

Beschreibung:

- Doppel-U-Rohre aus PE werden in vertikale Bohrungen von 50–200 m Tiefe eingebracht.
- Sole zirkuliert und nimmt geothermische Wärme aus dem Erdreich / Gestein auf.
- Quelltemperatur: konstant ca. 10–12 °C (in größerer Tiefe).

Zu beachten:

- Genehmigung: Immer erforderlich! (Wasserrechtsbehörde, Bergbehörde je nach Bundesland).
 - Hydrogeologisches Gutachten kann erforderlich sein.
 - Mindestabstand zwischen Sonden: 5–10 m; Abstand zu Nachbargrenze und Gebäude einhalten.
 - Fachkundiger Bohrbetrieb; Verpflichtung zur fachgerechten Verfüllung der Bohrung (Dichtheit).
 - Keine Nutzung in Wasserschutzgebieten Zone I/II (eingeschränkt in Zone III).
 - Entzugsleistung: 30–100 W/m Sondenlänge (je nach Geologie: Locker- vs. Festgestein).
-