

LERNZUSAMMENFASSUNG

Schriftliche Prüfung Gebäudeenergieberater HWK — Fragenkatalog mit Antworten und Formelsammlung

PRÜFUNG	Schriftliche Prüfung Gebäudeenergieberater HWK · Do 30.07. und Fr 31.07.2026
RECHTSSTAND	GEG in der bis 20.07.2026 geltenden Fassung · BEG-Richtlinien vor der Reform vom 21.07.2026 — die Reform ist NICHT Prüfungsstoff
DOZENTEN	Baumann · Wagner · Feser · Liebler · Noe
QUELLEN	Prüfungsvorbereitung 18.07.2026 · Zusammenfassung Baumann Bauphysik 04.07.2026 · Zusammenfassung Feser GEG 27.06.2026 · Probeproofung BEG/BAFA 18.07.2026
FORMAT	Multiple Choice + freie Fragen + 3 praktische Aufgaben · Formeln werden gestellt

1 RECHTSSTAND UND PRÜFUNGSaufbau

Rechtsstand. Prüfungsgrundlage ist ausdrücklich der alte GEG- und BEG-Stoff. Die BEG-Reform zum 21.07.2026 ist nicht Gegenstand der Prüfung — alle U-Werte, Fördersätze und Antworten in diesem Dokument beziehen sich auf den alten Stand. Nicht mit den aktuellen Projektunterlagen (Marktstraße 45, Post-Reform-Strategie) vermischen.

Taktik. Bei Ja/Nein-Fragen ist keine Begründung erforderlich, darf aber ergänzt werden (kein Abzug). Erstentscheid nicht überkorrigieren — mehrfaches Durchstreichen erhöht die Fehlerquote. Bei freien Fragen kurze, präzise Antworten in der Terminologie des jeweiligen Dozenten, kein Schwafeln. Die Punktzahl je Frage verrät bei Multiple Choice meist die Zahl der richtigen Antworten.

Drei praktische Aufgaben. (1) Systemgrenzen in Schnitt und Grundriss einzeichnen — warm/kalt, adiabate Bauteile, nicht-rote Farbstifte mitbringen. (2) Vollständige Glaser-Berechnung inklusive Diagramm. (3) Ein Wärmebrückendetail verbessern und den Vorschlag beschreiben. Aufgabenstellungen genau lesen, auch wenn sie ungewöhnlich wirken — sie können bewusst vom Projektarbeitsgebäude abweichen.

2 MERKZAHLEN ZUM AUSWENDIGLERNEN

U-Werte GEG Anlage 7 (Bauteilverfahren Bestand) gegen die Technischen Mindestanforderungen der BEG EM. Wagner fragt das ohne Unterlagen ab.

BAUTEIL	GEG ANL. 7 [$W/(m^2 \cdot K)$]	BEG EM TMA [$W/(m^2 \cdot K)$]
Außenwand gegen Außenluft	0,24	0,20
Steildach / Dachschrägen	0,24	0,14
Flachdach	0,20	0,14
Oberste Geschossdecke	0,24	0,14
Wände und Böden gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	0,30	0,25
Fenster (U _w)	1,3	0,95
Dachflächenfenster (U _w)	1,4	1,0
Außentüren (U _D)	1,8	1,3

MERKZAHL	WERT
Primärenergiefaktoren fp (n. ern.) GEG	Holz/Biomasse 0,2 · Heizöl 1,1 · Erdgas 1,1 · Strom 1,8
Diskutierte, nicht in Kraft befindliche Änderung	Holz ~ 0,7 · Strom ~ 1,4 — würde WP besser, Holz schlechter stellen
Schimmelkriterium Oberflächentemperatur	$\theta_{si} \geq 12,6 \text{ °C}$ bei 20 °C / 50 % r. F. · $fR_{si} \geq 0,70$
Wärmeübergangswiderstände Außenwand	$R_{si} = 0,13 \cdot R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Referenz-/Standardfenster (Förderbestätigung)	1,23 m × 1,48 m
80/20-Regel Nachweisfreiheit Feuchteschutz	$\geq 80 \text{ %}$ des Dämmwerts liegen außerhalb
Brennwert gegenüber Heizwert	Erdgas + 11 % · Heizöl + 6 %
Energiegehalt Holzpellets	ca. 4,9 kWh/kg → 5.000 kWh/t
Schüttdichte Holzpellets	ca. 650 kg/m ³ → 10 t ≈ 15 m ³ (Lagerraum brutto ca. 20 m ³)
Pettenkofer-Wert	1.000 ppm CO ₂ (0,1 Vol.-%)
Luftdichtheit n50 (§ 26 GEG)	ohne RLT $\leq 3,0 \text{ h}^{-1}$ · mit RLT $\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ · $> 1.500 \text{ m}^3$: q50 $\leq 4,5$ bzw. 2,5 m ³ /(m ² ·h)
Messung DIN EN ISO 9972	2 Messreihen: Unterdruck und Überdruck
Feuchteintrag 4-Personen-Haushalt	ca. 10–12 l Wasserdampf je Tag
Rettungsfenster BayBO Art. 35 Abs. 4	lichtes Maß $\geq 0,90 \times 1,20 \text{ m}$ · Brüstung max. 1,20 m
Energiebedarfsausweis-Pflicht Bestand	WG $\leq 4 \text{ WE}$ · Bauantrag vor 01.11.1977 · nicht auf WSchV-1977-Niveau
Gültigkeit Energieausweis	10 Jahre · Klassen A+ bis H

3 HANDLUNGSFELD 1 — HÜLLE, ANLAGENTECHNIK, LÜFTUNG

BAUMANN — GEBÄUDEHÜLLE UND SYSTEMGRENZEN

Was sind Systemgrenzen und wozu dient das Referenzgebäude?

Die Systemgrenze ist der Verlauf der thermischen Hülle — die Trennung zwischen beheiztem und unbeheiztem bzw. außen liegendem Bereich. Das geplante Gebäude wird einem fiktiven Referenzgebäude gleicher Geometrie und Kubatur gegenübergestellt, das aber die U-Werte und die Anlagentechnik nach GEG-Referenzausführung besitzt. Die Förderstufe (z. B. EH 40) ergibt sich aus der prozentualen Unterschreitung des Primärenergiebedarfs bei gleichzeitiger Einhaltung des zulässigen Transmissionswärmeverlusts gegenüber dieser Referenz.

Bedeutet EH/KfW 40 automatisch ein sparsames Gebäude?

Nein. EH 40 heißt 40 % des Primärenergiebedarfs des zugehörigen Referenzgebäudes — ein Relativwert. Ein Gebäude mit ungünstigem A/V-Verhältnis (viel Hüllfläche, wenig Volumen) kann die Stufe erreichen und in absoluten kWh trotzdem viel verbrauchen.

Wie zeichnet man die thermische Hülle korrekt ein?

Als geschlossene, ununterbrochene Linie um das beheizte Gebäudevolumen — in Grundrissen UND Schnitten. Der Verlauf richtet sich nach der Dämmebene: unbeheizter Dachraum → über die oberste Geschossdecke; unbeheizter Keller → über die Kellerdecke; unbeheizte Anbauten liegen außerhalb. Systemgrenze auf Außenkante der Konstruktion (Außenmaßbezug). Die Aufgabenstellung definiert, was in Dach und Keller passiert — genau lesen, nicht automatisch die Lösung der Projektarbeit übernehmen.

Was ist ein adiabates Bauteil?

Ein Bauteil, über das keine Wärme übertragen wird, weil beidseitig gleiche Temperatur herrscht — Trennwand zwischen zwei beheizten Räumen, Wand zum beheizten Nachbarn im Doppel- oder Reihenhaus. Warm gegen warm bedeutet keinen Wärmeverlust; das Bauteil geht nicht in die Verlustbilanz ein.

Was bewirken die Abminderungsfaktoren F_x ?

Sie berücksichtigen, dass Bauteile ohne direkten Kontakt zur Außenluft (gegen Erdreich, unbeheizten Keller, Nachbar) einen geringeren Temperaturunterschied und Wärmeübergang haben. Bauteile nach unten hängen zusätzlich vom charakteristischen Bodenplattenmaß B' ab, das in Hottgenroth über das Gebäudemodul einzugeben ist, damit die F_x -Werte korrekt angesetzt werden.

Ab wann sind Bestandsbauteile beim Fenstertausch unkritisch?

Ab der Wärmeschutzverordnung 1977 in der Regel unkritisch, ab 01.01.1984 deutlich. Vorsicht bei älterem Bestand — eine ungedämmte 30er-Wand liegt bei etwa $U\ 1,4$, nachträglich aufgeklebte 2 cm Styropor ändern daran wenig. Das neue dichte Fenster wird dann zum wärmsten Punkt der Fassade, Tauwasser und Schimmel wandern auf Wand und Laibung. Der Fenstertausch ist eine bewusste Entscheidung; ggf. Wand mitdämmen oder Lüftungskonzept vorsehen.

Oberste Geschossdecke oder Dach dämmen — was ist sinnvoller?

Die oberste Geschossdecke ist in der Regel wirtschaftlicher: kleinere Fläche, einfache Verlegung, kein Gerüst, kurze Amortisation. Dachdämmung nur, wenn der Dachraum genutzt werden soll oder die Dachsanierung ohnehin ansteht.

Welche Bauteilanschlüsse an der obersten Geschossdecke sind kritisch?

Anschluss an Drempeel und Fußpfette · Wandkopf und Ringanker als Wärmebrücke · Durchdringungen (Kamin, Lüftungsrohre) · Bodeneinschubtreppe, gedämmt und luftdicht · lückenlose, winddichte Verlegung ohne Fugen.

Rechenrichtung und nötige Angaben für den U-Wert?

Immer von innen nach außen, warm nach kalt — ohne Ausnahme. Nötig sind die Wärmeleitfähigkeiten λ (Bemessungswert) und Dicken aller Schichten sowie die Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} . Formel siehe Abschnitt 8.

Nennwert oder Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit?

Für Nachweise immer der — schlechtere — Bemessungswert. Der Nennwert ist nicht zulässig. Beispiel Holzfaser: Nennwert $0,042\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ kann Bemessungswert $0,044$ bedeuten. Deshalb beim Ausführenden Hersteller und Produkt anfordern und das Datenblatt ziehen.

Warum fällt ein U-Wert von $0,145\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ durch?

Es wird buchhalterisch auf zwei Nachkommastellen gerundet → $0,15$. Bei Einzelmaßnahmen gilt die Anforderung (z. B. $\leq 0,14$) strikt: $0,15 > 0,14$, also durchgefallen. Es gibt kein fast richtig.

Welche Werte darf man bei der Datenaufnahme ansetzen?

Nur nachgewiesene Werte oder Werte aus zugelassenen Datenbanken — Datensammlung des Bauministeriums, in Hottgenroth und ZUB hinterlegt. Schätzen ist unzulässig. Bei nachgewiesenem Baujahr dürfen typische Bauteilwerte aus der Datenbank verwendet werden, solange das Bauteil im Originalzustand ist.

Endenergie versus Primärenergie?

Endenergie ist die dem Gebäude zugeführte Energie — Gas am Zähler, Öl im Tank, Strom aus der Steckdose; Grundlage der Heizkostenabrechnung. Primärenergie ist Endenergie multipliziert mit dem Primärenergiefaktor, der die vorgelagerte Liefer- und Produktionskette bewertet. Politische Größe und Basis der Förderung: hoher Faktor ungünstig, kleiner Faktor gut.

Aktuelle Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbarer Anteil)?

GEG: Holz/Biomasse 0,2 · Heizöl 1,1 · Erdgas 1,1 · Strom 1,8. Diskutierte, nicht in Kraft befindliche Änderung: Holz ~ 0,7 · Strom ~ 1,4 — das würde die Wärmepumpe besser und Holz schlechter stellen.

Was ist der Heizwärmebedarf und welche Rolle spielt er?

Die Wärmemenge, die ohne Verluste und Gewinne zum Halten der Innentemperatur nötig ist. Derzeit nachrangig — maßgeblich sind Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust — soll aber künftig an Bedeutung gewinnen.

Wie funktioniert der Glaser-Nachweis?

Grafisches Verfahren nach DIN 4108-3 zum Nachweis, dass keine schädliche Tauwasserbildung auftritt. Aufgetragen werden Sättigungsdampfdruck- und Teildampfdruckverlauf über den sd-Werten der Schichten — nicht über der physischen Dicke. Berühren oder schneiden sich die Kurven, fällt Tauwasser aus. Temperaturen, Drücke, Rsi/Rse und Formeln werden gestellt; kleine Rundungsabweichungen (Außentemperatur 4,95 statt 5,0 °C) sind unkritisch und müssen nicht neu gerechnet werden.

Wann geht Glaser nicht — und was dann?

Nicht bei erdreichberührten Bauteilen und nicht bei überwiegender Innendämmung. Dann hygrothermische Simulation nach DIN EN 15026 (z. B. WUFI). Faustregel für Nachweisfreiheit: mindestens 80 % des Dämmwerts liegen außen — die 80/20-Regel. Eine Simulation kostet schnell 1.000 bis 1.500 €.

Ab welcher Effizienzhausstufe ist ein detaillierter Wärmebrückennachweis sinnvoll?

Ab EH 70. Ohne Nachweis (pauschaler Zuschlag ΔU_{WB}) erreicht man EH 70 zwar noch, muss aber deutlich mehr dämmen, um den pauschalen Ansatz auszugleichen; für bessere Stufen lohnt der detaillierte Nachweis. Wärmebrücken sind Bereiche mit erhöhtem Wärmeverlust und kälteren Oberflächen — Energieverlust und Schimmelrisiko zugleich.

Was ist der Mindestwärmeschutz und wann ist er relevant?

Der nach GEG (DIN 4108-2) einzuhaltende Mindest-Wärmedurchlasswiderstand, angegeben in R-Werten; das Programm rechnet auf U-Werte um. Bei Sanierungen mit baulichen Zwängen — geringe Kellerraumhöhe, denkmalgeschützte Fassade — muss nicht der Neubau- bzw. Einzelmaßnahmenwert erreicht werden (z. B. 0,24 Außenwand, 0,14 Dach), sondern mindestens der Mindestwärmeschutz; der Rest wird über die Gesamtbilanz aufgefangen.

Wer haftet für den Feuchteschutznachweis bei nicht nachweisfreien Konstruktionen?

Der Planer oder Handwerker, der die Konstruktion vorschlägt — Zimmermann beim Steildach, Dachdecker beim Flachdach. Der Energieberater macht keine eigenen Konstruktionsvorgaben, sonst geht die Verantwortung auf ihn über; er fordert den Nachweis vom Ausführenden an. Für die Förderung müssen die Nachweise am Ende vorliegen, nicht zwingend vom Berater erbracht.

Referenzfenster und Umgang mit Fensterwerten bei der Förderung?

Referenz-/Standardfenster 1,23 m × 1,48 m. Aufbau aus Glas, Rahmen und Randverbund. Für die Förderbestätigung immer das Referenzfenster verwenden. Einzeln ausgewiesene Kleinfenster mit $U_w > 0,95$ — hoher Rahmenanteil, z. B. Toilettenfenster — herausnehmen, sonst gibt es Rückfragen bzw. Ablehnung beim BAFA.

Was verbessert den sommerlichen Wärmeschutz, was zählt nicht?

Verbessern durch schwere, speicherfähige Bauteile · Nachtlüftung · außenliegende Verschattung · Begrenzung von Fenstergröße und -orientierung. Nachweis nach DIN 4108-2 über den Sonneneintragskennwert oder eine thermische Simulation. Aktive Kühlung zählt nicht als Mittel des sommerlichen Wärmeschutzes.

Was sind niedrigschwellige Maßnahmen?

Einfache, kostengünstige Maßnahmen zur Verbrauchssenkung, die man dem Kunden zusätzlich anbietet: Dämmung der obersten Geschossdecke · Kellerdeckendämmung · luftdichter Abschluss des Kelleraufgangs · Austausch alter Pumpen gegen Hocheffizienzpumpen · Dämmung freiliegender Heizungs- und Warmwasserleitungen · hydraulischer Abgleich.

Was ist das Gebäudemodernisierungsgesetz (GMG/GModG) und ist es prüfungsrelevant?

Politisch umstrittenes Vorhaben, das unter anderem die Primärenergiefaktoren ändern soll. Laut Dozent in der geplanten Form voraussichtlich nicht kommend und für die Prüfung nicht relevant — den aktuellen Gesetzesstand kurz vor der Prüfung dennoch gegenprüfen.

FELD — ABFALLKONZEPT

Feld füllt mit euch das Abfallkonzept aus: Abfallarten mit AVV-Schlüsseln, Mengenangaben, Verwertung oder Beseitigung. Das im Kurs verwendete Formblatt einmal komplett durchspielen — reines Ausfüllen, keine Rechnung.

LIEBLER — BERECHNUNGEN ANLAGENTECHNIK (≈ 30 P, MIT UNTERLAGEN)

Erwartete Rechenaufgaben nach Dozentenaussage: Auslegung Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Heizlast und Bivalenzpunkt · solarthermische Anlage · Warmwasserspeichergröße · Luftkanalberechnung. Es sind die im Kurs von A bis Z durchgerechneten Musterbeispiele — Fokus Wärmepumpe, nicht Pelletsauslegung. Rechenwege und Formeln in Abschnitt 8.

NOE — LÜFTUNG UND FEUCHTE (≈ 30 P)

Welche Menge Wasserdampf fällt in einem Vier-Personen-Haushalt täglich an?

Ca. 10 bis 12 Liter pro Tag (je nach Literatur 6 bis 14 l). Quellen: Kochen, Duschen und Baden, Wäschetrocknen, Pflanzen und Aquarien, Atmung und Transpiration der Personen.

In welchem Maße verändert sich die Infiltration durch den Einbau neuer Fenster?

Sie sinkt drastisch — neue Fenster haben umlaufende Anschlag- und Mitteldichtungen, die Fugenundichtigkeit alter Fenster entfällt. Der bisherige unkontrollierte Grundluftwechsel bricht weg, Feuchte und CO_2 reichern sich an, das Schimmelrisiko steigt. Konsequenz: Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 prüfen, gegebenenfalls Lüftungstechnische Maßnahmen vorsehen.

Erläutern Sie Überlüften und Unterlüften.

Überlüften: höherer Luftwechsel als hygienisch erforderlich — unnötige Lüftungswärmeverluste, im Winter zu trockene Raumluft. Unterlüften: zu geringer Luftwechsel — Feuchte, CO_2 und Schadstoffe reichern sich an, Tauwasser- und Schimmelgefahr.

Wer darf bei Errichtung oder Sanierung ein Lüftungskonzept erstellen?

Nach DIN 1946-6 jeder Fachkundige, der die Errichtung oder Modernisierung plant oder ausführt — Architekt bzw. Planer, Energieberater oder Fachhandwerker der beteiligten Gewerke (Fenster, Dach, Heizung und Lüftung).

Welche Grenzwerte gelten bei der Luftdichtheitsprüfung nach DIN EN ISO 9972?

Nach § 26 GEG: ohne raumluftechnische Anlage $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$, mit Anlage $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$. Bei Gebäuden über 1.500 m^3 Luftvolumen hüllflächenbezogen $q_{50} \leq 4,5$ bzw. $2,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Gemessen wird in zwei Messreihen — Unterdruck und Überdruck, je mit mehreren Druckstufen.

Neubau ohne Lüftungsanlage — wie überzeugen Sie den Kunden, welche Möglichkeiten gibt es?

Argumentation: Ein Neubau ist im Gegensatz zur alten unsanierten Wohnung nahezu luftdicht, der Feuchteabtransport über Fugen entfällt. Fensterlüftung müsste dafür mehrmals täglich diszipliniert erfolgen. Eine Anlage sichert den Feuchteschutz nutzerunabhängig, garantiert hygienische Luftqualität, spart über Wärmerückgewinnung bis ca. 90 % der Lüftungswärmeverluste, bringt Komfort (keine Zugluft, gefilterte Luft, Schallschutz bei geschlossenen Fenstern) und schützt die Bausubstanz.

Möglichkeiten der kontrollierten Wohnraumlüftung: zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung · dezentrale Einzelraumgeräte mit WRG · reine Abluftanlage mit Außenluftdurchlässen — jeweils auch feuchtegeführt.

Nennen Sie mindestens vier Nachteile einer freien Lüftung ohne Ventilatorunterstützung.

Luftwechsel abhängig von Wind, Temperaturdifferenz und Nutzerverhalten — nicht sichergestellt · keine Wärmerückgewinnung, hohe Lüftungswärmeverluste · keine Filterung von Pollen und Staub · Zugluft und Komforteinbußen · verminderter Schallschutz bei geöffnetem Fenster · Feuchtespitzen werden nicht sicher abgeführt.

Welche Systeme der Wohnraumlüftung kennt DIN 1946-6?

Freie Lüftung (Fenster-, Quer-, Schachtlüftung) und ventilatorgestützte Lüftung (Abluftsystem, Zuluftsystem, kombiniertes Zu-/Abluftsystem mit oder ohne Wärmerückgewinnung). Dazu die vier Lüftungsstufen: Feuchteschutzlüftung, reduzierte Lüftung, Nennlüftung, Intensivlüftung.

Nach welchen Grundsätzen sollte eine Luftdichtheitsschicht geplant und ausgeführt werden? Mindestens vier.

Durchgehende, ununterbrochene Ebene um das gesamte beheizte Volumen — Stifftregel: im Schnitt ohne Absetzen nachfahrbar · auf der warmen Seite der Dämmung · möglichst wenige Durchdringungen, diese dauerhaft luftdicht angeschlossen · aufeinander abgestimmte Materialien und geprüfte Anschlussdetails · Installationsebene als Schutz vorsehen · baubegleitende Qualitätskontrolle, Blower-Door vor dem Schließen der Bekleidung.

Welche Filterarten und -klassen werden in Lüftungsgeräten üblicherweise eingesetzt?

Nach ISO 16890: Außen- und Zuluft Feinstaubfilter ePM1 $\geq 50 \%$ (frühere Klasse F7), Abluft Grobstaubfilter ISO Coarse (frühere Klasse G4); optional Pollen- und Aktivkohlefilter.

4 HANDLUNGSFELD 2 — BAUMANN (40 P) UND WAGNER (20 P)

BAUMANN

Welche Aussagen treffen auf eine geförderte Sanierung zum Effizienzhaus zu?

Richtig: Nebenanforderungen — Lüftungskonzept, gegebenenfalls mechanische Lüftung — sind einzuhalten. Richtig: Der Bauherr benötigt nach Fertigstellung einen Energieausweis (Neuberechnung nach § 80 Abs. 2 GEG; in der BEG ohnehin über den Bedarfsausweis).

Falsch: Die Einhaltung der GEG-Vorgaben sei nicht nötig — das GEG ist öffentlich-rechtliches Minimum und gilt immer. Falsch im Sinne der Förderung: ausschließlich fossile Beheizung — neue fossile Wärmeerzeuger sind seit 2022 nicht förderfähig; die Primärenergieanforderung der Effizienzhaus-Stufe ist rein fossil praktisch nicht erreichbar.

Müssen bei der Sanierung zum Effizienzhaus die Mindest-U-Werte nach Anlage 7 bei jedem Bauteil eingehalten werden?

Nein. Anlage 7 gilt beim Bauteilverfahren nach § 48 GEG für Einzeländerungen; beim Effizienzhaus zählt die Gesamtbilanz — Primärenergiebedarf und H'T gegenüber dem Referenzgebäude. Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 ist dagegen immer und bei jedem Bauteil einzuhalten.

Adiabate Bauteile sind ... (2 Punkte)

Richtig: Bauteile, die zum angrenzenden Bereich keine Wärmeenergie verlieren. Falsch: Bauteile, die bei Sonnenstrahlung besonders viel Wärmeertrag liefern.

Welche geringinvestiven Maßnahmen können im Gebäudebestand umgesetzt werden? Nennen Sie vier.

Hydraulischer Abgleich mit voreinstellbaren Thermostatventilen · Dämmung zugänglicher Heizungs- und Warmwasserleitungen · Tausch gegen eine Hocheffizienzpumpe · Optimierung von Heizkurve, Vorlauftemperatur und Nachtabenkung · Erneuerung der Fenster- und Türdichtungen · Dämmung von Heizkörpernischen.

Wie kann die Gefahr von Schimmelpilzbildung an den Innenseiten von Außenbauteilen verhindert werden? Drei Antworten.

Oberflächentemperatur anheben — Dämmung, Wärmebrücken entschärfen · Feuchte konsequent abführen — regelmäßiges Stoßlüften bzw. mechanische Lüftung · alle Räume ausreichend beheizen · ergänzend Möbel mit Abstand zu Außenwänden stellen.

WAGNER

Welche Aspekte spielen bei der Auswahl der Wärmedämmstoffe eine Rolle? Nennen Sie vier.

Wärmeleitfähigkeit als Bemessungswert · Brandverhalten und Baustoffklasse · Anwendungsgebiet und Druckfestigkeit nach DIN 4108-10 · Feuchteverhalten (μ -Wert, Kapillaraktivität) · Schallschutz · Ökologie · Kosten und Verarbeitbarkeit.

Über welche lichte Mindöffnung muss ein Rettungsfenster verfügen?

Mindestens 0,90 m × 1,20 m im Lichten, Brüstungshöhe maximal 1,20 m über Fußbodenoberkante (Art. 35 Abs. 4 BayBO). Dozentenhinweis: steht eins zu eins im Skript.

Welche Baustoff-Brandschutzklasse dürfen Sie bei Bauvorhaben nicht verwenden?

Leichtentflammbare Baustoffe — DIN 4102 Klasse B3, europäisch die leichtentflammbaren Klassen E/F. Ausnahme: wenn sie im Verbund mit anderen Baustoffen nicht mehr leichtentflammbar sind (Art. 24 BayBO).

Nennen Sie die technischen Mindestanforderungen nach GEG und KfW/BEG für Wohngebäude (ohne Unterlagen).

Siehe Tabelle in Abschnitt 2. Kernwerte GEG / BEG: Außenwand 0,24 / 0,20 · Wand und Boden gegen Erdreich 0,30 / 0,25 · Steildach 0,24 / 0,14 · Fenster 1,3 / 0,95 W/(m²·K).

Was bedeutet inhomogenes Bauteil und was ist bei der Berechnung zu beachten?

Ein Bauteil mit nebeneinanderliegenden Bereichen unterschiedlicher Baustoffe in einer Schicht — Sparren und Gefach, Holzständerwand, Fachwerk. Der U-Wert wird nach DIN EN ISO 6946 über den oberen und unteren Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstands flächenanteilig gemittelt — eine einfache schichtweise Rechnung genügt nicht.

Welche Problemstellen können bei der Außenwanddämmung auftreten?

Wärmebrücken an Balkonplatten, Rollladenkästen, Fensterlaibungen und Fensterbänken · zu geringer Dachüberstand · Sockel- und Perimeterbereich, Spritzwasser · Befestigung von Anbauteilen · Brandriegel bei EPS · Grenzbebauung und Abstandsflächen · Algenbildung auf der Oberfläche.

Welche Problemstellen können bei der Deckendämmung auftreten?

Verlust an lichter Raumhöhe — Türstürze, Treppenläufe · Leitungen und Installationen unter der Decke · flankierende Wärmebrücken über einbindende Wände · bei der obersten Geschossdecke Begehbarkeit, Luftdichtheit und Dämmung der Bodeneinschubtreppe sowie Durchdringungen.

Was ist der Unterschied zwischen einer E(G)- und einer EI(F)-Verglasung?

Brandschutzverglasungen: E bzw. G ist raumabschließend — verhindert den Durchtritt von Feuer und Rauch, nicht aber der Wärmestrahlung. EI bzw. F ist zusätzlich wärmedämmend und verhindert auch den Durchtritt der Hitzestrahlung (I = Isolation), schützt also Personen und Material auf der abgewandten Seite.

Was ist bei der Auswahl der Fenster im Tausch in Bezug auf den U-Wert der Außenwand zu berücksichtigen?

Das neue Fenster darf nicht der deutlich beste Punkt der Fassade werden. Ist die ungedämmte Wand schlechter als das Fenster, verlagert sich der Tauwasserausfall von der Scheibe auf Wand und Laibung — Schimmelgefahr. Fenster-U-Wert auf die Wand abstimmen (das Fenster sollte die kälteste Oberfläche bleiben), Laibungen dämmen, Lüftung sicherstellen; sonst Wand mitdämmen.

Mit welcher Methode können Sie die ausgeführte Leistung nachträgliche Kerndämmung kontrollieren?

Endoskopie — Kamerakontrolle der Schalenfuge über Bohrlöcher — und Thermografie; ergänzend Plausibilisierung über Einblasprotokolle und Materialverbrauch.

5 HANDLUNGSFELD 3 — BAUMANN (20 P) UND WAGNER (10 P)

Gleicher Stil wie Handlungsfeld 2, aber stärker Multiple Choice. Faustregel des Dozenten: Aus der angegebenen Punktzahl lässt sich meist ablesen, wie viele Antworten richtig sind.

BAUMANN

Welche Aussagen treffen auf eine Innendämmung von Außenwänden zu?

Richtig: Die Speichermasse der Wand kann nicht mehr genutzt werden. Richtig: Die Oberflächentemperatur auf der Wandinnenseite wird angehoben.

Falsch: Der Taupunkt liege zwischen Mauerwerk und Außenputz — er verlagert sich an die Grenzschicht zwischen Innendämmung und Bestandswand. Falsch: Innendämmung sei vom Feuchteschutz her meistens unbedenklich — sie ist im Gegenteil feuchtetechnisch kritisch und nachweispflichtig.

Welcher Wert der Wärmeleitfähigkeit ist für die U-Wert-Berechnung nach DIN 4108-4 anzusetzen? (Nennwert, Rechenwert, Bemessungswert)

Der Bemessungswert λ_B .

Was ist der Unterschied zwischen Konvektion und Diffusion in Bezug auf Art und Menge des Feuchtetransports?

Konvektion: Feuchtetransport mit strömender Luft durch Leckagen der Luftdichtheitsebene — transportiert um Größenordnungen (Faktor 100 bis 1000) mehr Wasserdampf als Diffusion, örtlich konzentriert, rechnerisch nicht planbar, daher hohes Schadensrisiko. Diffusion: molekularer Dampftransport durch das Bauteil infolge Dampfdruckgefälles — kleine, flächig verteilte Mengen, mit dem Glaser-Verfahren planbar.

Ein Bauteil besteht den Feuchteschutznachweis nach Glaser nicht. Kann es so nicht ausgeführt werden oder gibt es eine andere Nachweismöglichkeit?

Es ist nicht automatisch unzulässig. Es kann ein genauerer Nachweis über eine hygrothermische Simulation nach DIN EN 15026 (z. B. WUFI) mit realen Klimarandbedingungen geführt werden. Daneben gibt es nachweisfreie Konstruktionen nach DIN 4108-3.

Nennen Sie zwei interne Ursachen für Feuchtigkeitsanfall und zwei Ursachen für zu trockene Luft.

Zu feucht: Kochen, Duschen und Baden, Wäschetrocknen, Pflanzen, Personen. Zu trocken: hoher Luftwechsel mit kalter Außenluft im Winter (Überlüften, auch durch Lüftungsanlagen ohne Feuchterückgewinnung) und dauerhaft hohe Raumlufthtemperaturen.

WAGNER

Was sind künstlich veränderte mineralische Baustoffe? Nennen Sie vier.

Durch Brennen oder industrielle Aufbereitung veränderte mineralische Rohstoffe: Ziegel, Zement, Kalk, Gips, Porenbeton, Blähton, Glas, Mineralwolle.

Welche ökologischen Kriterien sind bei der Auswahl der Baustoffe zu beachten? Nennen Sie vier.

Primärenergieinhalt (graue Energie) · Treibhauspotenzial GWP · nachwachsende bzw. regional verfügbare Rohstoffe und kurze Transportwege · Recycling- und Rückbaufähigkeit · Schadstofffreiheit · Langlebigkeit.

Wie funktioniert eine Dampfbremse?

Schicht mit definiertem Diffusionswiderstand (sd-Wert) auf der warmen, raumzugewandten Seite der Konstruktion. Sie begrenzt den Wasserdampfeintrag in das Bauteil und bildet zugleich die Luftdichtheitsebene. Im Unterschied zur Dampfsperre lässt sie begrenzte Diffusion zu und ermöglicht die Rücktrocknung — feuchtevariable Bahnen passen ihren sd-Wert der Umgebungsfeuchte an.

Was ist der Unterschied zwischen dem R-Wert und dem RT-Wert?

R ist der Wärmedurchlasswiderstand der Bauteilschichten, also die Summe der Quotienten d_i/λ_i . RT ist der Wärmedurchgangswiderstand des Gesamtbauteils einschließlich der Wärmeübergangswiderstände Rsi und Rse; es gilt $U = 1/RT$. Rsi und Rse betragen bei Außenwänden 0,13 bzw. 0,04 m²·K/W.

Welche Temperatur ist die Faustformel zum Thema Taupunkt, Schimmelgefahr, Oberflächentemperatur?

12,6 °C. Unterschreitet die raumseitige Oberflächentemperatur diesen Wert bei 20 °C Raumlufth und 50 % relativer Feuchte, wird die kritische Oberflächenfeuchte von 80 % erreicht und Schimmel möglich. Kriterium: $f_{Rsi} \geq 0,70$.

6 HANDLUNGSFELD 4 — LIEBLER, ANLAGENTECHNIK

Fragenkataloge des Dozenten zu Wärmeerzeugung, Biomasse, Wärmepumpe und Solarthermie. Die zugehörigen Rechenwege stehen in Abschnitt 8.

GRUNDBEGRIFFE UND HEIZTECHNIK

Was ist der Unterschied zwischen einem Kilowatt und einer Kilowattstunde?

kW ist eine Leistung — Energie je Zeiteinheit, ein Momentanwert. kWh ist eine Energiemenge bzw. Arbeit — Leistung mal Zeit. Beispiel: Ein 20-kW-Kessel liefert in drei Stunden Volllast 60 kWh.

Was versteht man bei einem Heizkessel unter Brennwertnutzung und wie viel höher ist sie gegenüber dem Heizwert?

Brennwertnutzung heißt, zusätzlich die Kondensationswärme des Wasserdampfs im Abgas zu nutzen, indem das Abgas unter den Taupunkt abgekühlt wird. Mehrpotenzial gegenüber dem Heizwert: Erdgas ca. 11 %, Heizöl ca. 6 %.

Was erreicht man bei einem Heizungssystem mit dem hydraulischen Abgleich?

Jeder Heizkörper erhält genau den benötigten Volumenstrom: gleichmäßige Wärmeverteilung ohne Über- und Unterversorgung, geringere Pumpenleistung, niedrigere Rücklauftemperaturen — wichtig für Brennwert und Wärmepumpe — weniger Strömungsgeräusche, insgesamt Energieeinsparung. Für die BEG-Förderung ist das Verfahren B nachzuweisen.

Welcher Begriff wird in der Raumluftechnik als Pettenkofer-Wert bezeichnet?

Die CO₂-Konzentration der Raumluf von 1.000 ppm (0,1 Vol.-%) als Grenzwert für hygienisch gute Luftqualität.

BIOMASSE

Nennen Sie drei Vorzüge von biogenen Brennstoffen.

Nahezu CO₂-neutral — bei der Verbrennung wird nur das CO₂ frei, das der Baum beim Wachstum gebunden hat; entsprechend niedriger Primärenergiefaktor von 0,2 · nachwachsend und regional verfügbar, kurze Transportwege, Wertschöpfung bleibt in der Region · speicherbar und grundlastfähig, also jederzeit abrufbar im Gegensatz zu Sonne und Wind · unabhängig von Öl- und Gasimporten, stabilere Preise · erfüllt die 65%-EE-Anforderung des GEG und ist förderfähig.

Wodurch wird der Heizwert von Holz maßgeblich beeinträchtigt?

Durch den Wassergehalt. Das im Holz enthaltene Wasser muss bei der Verbrennung zunächst verdampft werden; diese Verdampfungsenthalpie geht dem nutzbaren Heizwert verloren und senkt zugleich die Verbrennungstemperatur. Richtwerte: waldfrisches Holz mit ca. 50 % Wassergehalt rund 2,0 kWh/kg · lufttrocken mit 15–20 % rund 4,0 kWh/kg · Pellets mit unter 10 % rund 4,9 kWh/kg. Sekundär wirken Rinden- und Aschegehalt sowie die Holzart über die Rohdichte.

Wie groß ist die mögliche Lagermenge von Holzpellets im Aufstellraum der Feuerstätte und was ist zu beachten?

Bis 6.500 kg (entspricht ca. 10.000 Liter) dürfen im Aufstellraum der Feuerstätte gelagert werden, sofern die Gesamtnennleistung 50 kW nicht übersteigt. Bei mehr als 50 kW ist ein Heizraum erforderlich, bei mehr als 6,5 t ein eigener Brennstofflagerraum mit Wänden und Decken in F 90, selbstschließender T-30-Tür und ohne andere Nutzung.

Zu beachten: Abstand zwischen Feuerstätte und Brennstofflager mindestens 1 m oder Strahlungsschutzblech · Verbrennungsluftöffnung mindestens 150 cm² · ab 500 kg Lagermenge gelten die Belüftungs- und Kennzeichnungspflichten (belüftete Stützendekel oder Lüftungsleitung, Warnschild Holzpelletlagerraum – Lebensgefahr durch giftige Gase – vor Betreten ausreichend lüften, wegen CO-Ausgasung) · keine ungeschützten Elektroinstallationen im Lager (Explosionsgefahr durch Staub beim Einblasen) · Statik für Schüttdruck und Einblasüberdruck · Schutz vor Feuchte. Rechtsgrundlage Bayern: §§ 11 und 12 FeuV.

Hinweis: Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz hatten abweichend eine Grenze von 15 t. In der Prüfung die im Liebler-Skript genannte Fassung verwenden.

Welche Puffervolumen fordert die KfW für mögliche Förderungen für Biomasse?

Pelletkessel und Hackschnitzelkessel: mindestens 30 Liter je kW Nennwärmeleistung. Scheitholzvergaser und der handbeschickte Teil von Kombikesseln: mindestens 55 Liter je kW. Beispiel: 15 kW Pelletkessel → 450 l Mindestpuffer. Zweck: weniger Brennerstarts, geringere Taktung, niedrigere Emissionen, höherer Nutzungsgrad.

Welche Klebstoffe sind bei der Herstellung von Holzpellets nicht erlaubt?

Alle synthetischen und chemischen Bindemittel — Kunstharze und Leime auf Harnstoff-, Melamin- oder Phenol-Formaldehyd-Basis, Kunststoffe, Lacke. Ausgangsmaterial darf nur naturbelassenes, unbehandeltes Holz sein, kein behandeltes oder lackiertes Altholz. Das eigentliche Bindemittel ist das holzeigene Lignin, das unter hohem Druck und Temperatur plastifiziert. Zulässig sind ausschließlich natürliche Presshilfsmittel aus primärer land- oder forstwirtschaftlicher Biomasse — Mais- und Kartoffelstärke, Roggenmehl, Melasse, pflanzliches Stearin, Zellulose — begrenzt auf maximal 2 Masse-% nach DIN EN ISO 17225-2 sowie den Gütesiegeln ENplus und DINplus.

Mit welchen Messeinrichtungen kann die Verbrennungsqualität bei Biomasse überwacht werden?

Lambdasonde zur Messung des Restsauerstoffs im Abgas — die zentrale Größe für die Regelung der Verbrennungsluft · Abgastemperaturfühler zur Überwachung von Wirkungsgrad und Verschmutzung · Brennraum- und Kesseltemperaturfühler · Unterdruck- bzw. Differenzdrucksensor für die Saugzugregelung · CO-Sensor · Flammüberwachung über Photozelle oder Flammtemperaturfühler. Hinzu kommt die wiederkehrende Messung durch den Bezirksschornsteinfeger nach 1. BImSchV (Kohlenmonoxid und Staub).

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

Unterschubfeuerung — die Pellets werden von unten über eine Schnecke in den Brenntopf geschoben, die Asche wird nach oben verdrängt. Quer- bzw. Seiteneinschubfeuerung — Beschickung seitlich auf den Rost oder in die Brennschale. Abwurf- oder Fallschachtfeuerung — die Pellets fallen von oben über eine Fallstrecke auf den Brennteller, die Fallstrecke wirkt zugleich als Rückbrandsperre. Ergänzend: Sturzbrandfeuerung.

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

Förderfähig sind wasserführende Biomasse-Zentralheizungen: Pelletkessel, Hackschnitzelkessel, Scheitholzvergaserkessel, Kombikessel sowie Pelletöfen mit Wassertasche. Nicht förderfähig sind Einzelraumfeuerstätten ohne Wasserführung, also der klassische Kaminofen.

Voraussetzungen: Nennwärmeleistung mindestens 5 kW · Pufferspeicher 30 bzw. 55 l/kW · automatische Beschickung mit Leistungs- und Feuerungsregelung und automatischer Zündung bei Pellet- und Hackgutkesseln · Prüfung durch ein akkreditiertes Institut nach EN 303-5 · jahreszeitbedingter Raumheizungs-Nutzungsgrad ETAs von mindestens 81 % · Emissionsgrenzwerte Staub höchstens 20 mg/m³ und Kohlenmonoxid höchstens 200 mg/m³ · Einbau eines Wärmemengenzählers · hydraulischer Abgleich nach Verfahren B · Antrag vor Vorhabenbeginn mit Bestätigung zum Antrag · mindestens 65 % des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien. Bei besonders emissionsarmen Anlagen (Staub höchstens 2,5 mg/m³) gibt es zusätzlich den pauschalen Emissionsminderungszuschlag von 2.500 €.

Wie hoch ist der ungefähre Energiegehalt einer Tonne Holzpellets? (650 / 5.000 / 1.000 kWh)

5.000 kWh — genauer ca. 4.900 kWh, entspricht 4,9 kWh/kg.

Wie viele Kubikmeter sind ungefähr 10 Tonnen Pellets?

Bei einer Schüttdichte von ca. 650 kg/m³ rund 15 m³ Schüttvolumen. Der Lagerraum fällt wegen Schrägboden und Leerraum brutto größer aus — überschlägig 20 m³, so auch die Kursrechnung mit gerundet 500 kg/m³.

Wie kann die Anforderung an die Belüftung von Pelletlagern erfüllt werden, wenn die Lüftungsleitung kürzer als 2 m ist und der Lagerraum weniger als 10 t fasst?

Über belüftete Deckel der ins Freie führenden Befüll- und Absaugstutzen nach VDI 3464 — eine gesonderte Lüftungsleitung ist dann entbehrlich.

Was beschreibt der Primärenergiefaktor und welcher Wert wird bei Hackschnitzeln angesetzt?

Er bewertet die gesamte Vorkette eines Energieträgers — Gewinnung, Aufbereitung, Transport, Umwandlung und Verteilung — und rechnet die Endenergie in Primärenergie um (Definition und weitere Faktoren siehe Handlungsfeld 2). Für Hackschnitzel wie für alle festen Biomassen gilt nach GEG Anlage 4 ein Faktor von 0,2 für den nicht erneuerbaren Anteil; der Gesamtfaktor beträgt 1,2. Der niedrige Wert ist der Grund, warum Biomasse in der GEG-Bilanz so günstig abschneidet.

WÄRMEPUMPE

Nennen Sie die Hauptbestandteile einer Wärmepumpe.

Verdampfer — nimmt Wärme aus der Quelle auf, das Kältemittel verdampft · Verdichter (Kompressor) — erhöht unter Einsatz elektrischer Antriebsenergie Druck und Temperatur · Verflüssiger (Kondensator) — gibt die Wärme an den Heizkreis ab, das Kältemittel verflüssigt · Expansionsventil (Drossel) — entspannt das Kältemittel auf den Ausgangsdruck. Dazu das Kältemittel als Arbeitsmedium und die Regelung. Diese vier Bauteile bilden den geschlossenen Kältemittelkreislauf.

Nennen Sie drei verschiedene Kreisläufe einer Wärmepumpenanlage mit Erdwärme als Wärmequelle.

Solekreislauf — Primärkreis der Wärmequelle · Kältemittelkreislauf — der eigentliche Wärmepumpenprozess · Heizkreislauf — die Wärmenutzung im Gebäude.

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

Das Erdreich beziehungsweise das Grundwasser. Begründung: Beide liefern eine hohe und über das Jahr nahezu konstante Quelltemperatur — Erdreich ab etwa 10 m Tiefe konstant rund 10 °C, Grundwasser 8 bis 12 °C. Daraus folgt ein kleiner Temperaturhub und damit eine hohe, gleichmäßige Arbeitszahl, kein Leistungseinbruch bei tiefen Außentemperaturen und keine Abtauverluste. Bei der Außenluft ist es genau umgekehrt: Sie ist dann am kältesten, wenn die Heizlast am größten ist. Die höchste Effizienz hat die Wasser/Wasser-Wärmepumpe, sie ist aber wasserrechtlich genehmigungspflichtig und von der Wasserqualität abhängig — in der Praxis ist die Erdwärmesonde der beste Kompromiss.

Was versteht man unter der monoenergetischen Betriebsweise einer Wärmepumpe?

Die Wärmepumpe deckt den weit überwiegenden Teil des Wärmebedarfs; unterhalb des Bivalenzpunkts schaltet ein elektrischer Heizstab als Spitzenlast zu. Da beide Erzeuger dieselbe Energieart nutzen — Strom — heißt die Betriebsweise monoenergetisch. Abgrenzung: monovalent bedeutet, die Wärmepumpe deckt allein 100 % der Heizlast (typisch bei Sole- und Wasser-Wärmepumpen). Bivalent bedeutet, ein zweiter Erzeuger einer anderen Energieart springt ein — Gas- oder Ölkessel — in bivalent-paralleler, teilparalleler oder alternativer Schaltung.

Erklären Sie die Leistungszahl einer Wärmepumpe. Wodurch wird sie maßgeblich beeinflusst? Wie grenzt sie sich zur Jahresarbeitszahl ab?

Leistungszahl (COP) = abgegebene Heizleistung geteilt durch aufgenommene elektrische Leistung. Sie ist ein Momentanwert, gemessen am Prüfstand unter Normbedingungen — angegeben mit dem Betriebspunkt, z. B. B0/W35 (Sole 0 °C, Vorlauf 35 °C) oder A2/W35 (Außenluft 2 °C).

Maßgeblich beeinflusst wird sie vom Temperaturhub — der Differenz zwischen Quelltemperatur und Vorlauftemperatur. Je kleiner der Hub, desto höher der COP. Faustregel: 1 K niedrigere Vorlauftemperatur bringt rund 2,5 % mehr Effizienz. Deshalb Flächenheizung statt Heizkörper und eine möglichst warme, konstante Quelle.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist dagegen der reale Betriebswert über ein ganzes Jahr: abgegebene Wärmemenge geteilt durch aufgenommene elektrische Energie einschließlich Hilfsstrom (Pumpen, Regelung, Heizstab). $JAZ = Q_{ab} / W_{el}$.

Erklären Sie den Begriff GWP und was man darunter versteht.

GWP steht für Global Warming Potential, das Treibhauspotenzial. Es gibt an, wie stark ein Kältemittel im Vergleich zu Kohlendioxid — $GWP = 1$ — über einen Zeitraum von 100 Jahren zur Erderwärmung beiträgt, wenn es freigesetzt wird. Beispiele: R290 Propan $GWP 3$ · R32 $GWP 675$ · R134a $GWP 1.430$ · R410A $GWP 2.088$. Natürliche Kältemittel wie R290, R744 (CO_2) und R717 (Ammoniak) haben sehr niedrige Werte und sind zukunftssicher; die F-Gas-Verordnung staffelt Inverkehrbringen-Verbote für Kältemittel mit hohem GWP. R290 ist allerdings brennbar (Sicherheitsgruppe A3), deshalb sind Schutzbereich und Aufstellabstände einzuhalten.

Welche Wärmepumpen benötigen eine Abtauerung und warum?

Luft-Wasser- und Luft-Luft-Wärmepumpen. Am Verdampfer wird die Außenluft unter ihren Taupunkt abgekühlt; liegt die Verdampfungstemperatur unter 0 °C — in der Praxis ab etwa $+7\text{ °C}$ Außentemperatur — schlägt sich die Luftfeuchte als Reif und Eis auf den Lamellen nieder. Die Eisschicht behindert Wärmeübergang und Luftvolumenstrom, Leistung und Arbeitszahl brechen ein. Abgetaut wird meist durch Kreislaufumkehr (Prozessumkehr, Heißgasabtauerung), seltener elektrisch. Sole- und Wasser-Wärmepumpen benötigen keine Abtauerung, weil die Quelle frostfrei bleibt beziehungsweise die Sole frostgeschützt ist.

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

Ja. Die Eintrittstemperatur des Grundwassers darf herstellerseitig meist 7 bis 8 °C nicht unterschreiten, die Austrittstemperatur nicht unter etwa 4 °C fallen. Begründung: Im Verdampfer wird dem Grundwasser Wärme entzogen. Anders als die Sole ist reines Grundwasser nicht frostgeschützt — sinkt die Temperatur zu weit ab, vereist der Plattenwärmetauscher und wird durch die Volumenausdehnung des Eises zerstört. Deshalb Temperaturüberwachung mit Sicherheitsabschaltung und ausreichende Fördermenge. Hinzu kommt die wasserrechtliche Begrenzung der Abkühlung und der Wiedereinleitungstemperatur.

Was versteht man unter dem Begriff Kälteleistung einer Wärmepumpe?

Die Leistung, die der Verdampfer der Wärmequelle entzieht — die kalte Seite des Prozesses. Es gilt: Kälteleistung Q_o = Heizleistung – elektrische Aufnahmeleistung. Beispiel: 10 kW Heizleistung bei 2,5 kW Leistungsaufnahme ergibt 7,5 kW Kälteleistung. Sie ist die maßgebende Größe für die Auslegung der Wärmequellenanlage — Sondenlänge, Kollektorfläche, Fördermenge.

Benennen Sie zwei Kühlungsvarianten einer Wärmepumpe und wie sie sich unterscheiden.

Passive Kühlung (natural cooling): Nur Umwälzpumpe und ein Wärmetauscher arbeiten, der Verdichter bleibt aus. Die Raumwärme wird direkt an die kühle Quelle abgegeben. Sehr geringer Stromverbrauch, regeneriert zugleich das Erdreich, aber begrenzte und nicht regelbare Kühlleistung — nur bei Sole- und Wasser-Wärmepumpen möglich.

Aktive Kühlung (reversibler Betrieb): Der Kältekreis wird über ein Vier-Wege-Umschaltventil umgekehrt, die Wärmepumpe arbeitet als Kältemaschine. Deutlich höhere und regelbare Kühlleistung, auch bei Luft-Wärmepumpen möglich, aber erheblich höherer Stromverbrauch.

Bei beiden Varianten ist bei Flächenkühlung ein Taupunktwatcher erforderlich, sonst fällt Kondensat auf der gekühlten Oberfläche aus.

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

Der Bivalenzpunkt ist diejenige Außentemperatur, bei der die verfügbare Heizleistung der Wärmepumpe genau der Gebäudeheizlast entspricht. Unterhalb dieser Temperatur reicht die Wärmepumpe allein nicht mehr aus und der Heizstab schaltet zu. Bestimmt wird er grafisch: In einem Diagramm über der Außentemperatur werden die Gebäudeheizlastgerade — sie fällt linear von der Norm-Außentemperatur bis zur Heizgrenze auf null — und die Leistungskurve der Wärmepumpe, die mit steigender Außentemperatur zunimmt, übereinandergelegt. Der Schnittpunkt beider Kurven ist der Bivalenzpunkt. Üblich sind -3 bis -7 °C. Je tiefer er gelegt wird, desto größer die Wärmepumpe und desto geringer der Heizstabanteil an der Jahresarbeit — Richtwert 2 bis 5 %.

Was versteht man unter einer Split-Wärmepumpe?

Eine Wärmepumpe, die in eine Außeneinheit — Verdampfer, Ventilator, meist auch Verdichter — und eine Inneneinheit mit Verflüssiger, Regelung und gegebenenfalls Speicher aufgeteilt ist. Beide werden mit Kältemittelleitungen verbunden, das heißt der Kältekreis durchdringt die Gebäudehülle. Vorteile: kompakte Außeneinheit, keine großen Luftkanäle, geringe Schallabstrahlung nach innen, kein Frostschutzproblem der Hydraulik im Freien. Nachteile: Montage nur durch Fachbetrieb mit Kälteschein, Dichtheitsprüfungen und Dokumentation nach F-Gas-Verordnung, bei brennbaren Kältemitteln wie R290 kaum umsetzbar. Gegenstück ist die Monoblock-Wärmepumpe: kompletter Kältekreis in einem Gerät, verbunden wird nur mit Heizungswasser — dafür Frostschutz der Außenleitungen erforderlich.

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

Eine Wärmepumpe, deren Verdichter über einen Frequenzumrichter drehzahlregelt wird. Die Leistung wird stufenlos an den momentanen Wärmebedarf angepasst — typische Modulationsbreite 30 bis 100 %. Vorteile: kein ständiges Takten und damit weniger Verschleiß und längere Lebensdauer, höhere Arbeitszahl im Teillastbetrieb (die meiste Zeit des Jahres), geringerer Pufferbedarf, leiserer Betrieb, kleinere Anlaufströme. Gegenstück ist die Fixspeed- oder On-Off-Wärmepumpe, die nur ein und aus kennt und deshalb einen ausreichend großen Pufferspeicher gegen Taktung braucht.

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

Erdwärmesonde — vertikale Bohrung, üblich 50 bis 150 m, meist als Doppel-U-Sonde. Zu beachten: wasserrechtliche Erlaubnis beziehungsweise Anzeige bei der unteren Wasserbehörde sowie Bohranzeige nach Lagerstättengesetz · vorherige geologische Prüfung — in Unterfranken besonders Gips, Anhydrit und gespannte Grundwasserstockwerke · fachgerechte Verpressung mit zugelassenem Dämmstoff zur Abdichtung der Grundwasserstockwerke · Mindestabstände zwischen den Sonden von 5 bis 6 m und zur Grundstücksgrenze · Auslegung nach VDI 4640 mit Begrenzung der Jahresentzugsarbeit, sonst kühlt das Erdreich über die Jahre aus · Sole als Wasser-Glykol-Gemisch zum Frostschutz.

Erdwärmekollektor — horizontal, Verlegetiefe 1,2 bis 1,5 m unterhalb der Frostgrenze. Zu beachten: großer Flächenbedarf, etwa das Anderthalb- bis Zweifache der beheizten Fläche · die Fläche darf nicht überbaut oder versiegelt werden, da die Regeneration über Niederschlag und Sonneneinstrahlung erfolgt · keine tiefwurzelnden Bäume · Rohrabstand 0,5 bis 0,8 m · gleiche Rohrlängen je Kreis für den hydraulischen Abgleich · Soleverteiler frostfrei und zugänglich · meist genehmigungsfrei, aber anzeigepflichtig.

Weitere Varianten: Erdwärmekörbe, Grabenkollektor, Eisspeicher. Auslegungsformeln siehe Abschnitt 8, F5.

SOLARTHERMIE

Definieren Sie den Begriff Globalstrahlung.

Die gesamte auf eine horizontale Fläche auftreffende Sonnenstrahlung — die Summe aus Direktstrahlung (gerichtet, bei klarem Himmel) und Diffusstrahlung (an Wolken, Aerosolen und Staub gestreut). Angegeben wird sie als Momentanleistung in W/m^2 oder als Jahressumme in $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. In Deutschland liegt sie bei rund 950 bis 1.200 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, in Unterfranken bei etwa 1.050 bis 1.100. Etwa die Hälfte davon ist Diffusstrahlung — deshalb liefern Kollektoren auch bei bedecktem Himmel Ertrag.

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

Die thermische Solaranlage wandelt Strahlung in Wärme um: Der Absorber erwärmt ein Wärmeträgermedium, genutzt wird die Wärme für Trinkwasser und Heizung. Wirkungsgrad 50 bis 80 %, Flächenenertrag rund 350 bis 500 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Die Photovoltaikanlage wandelt Strahlung über den photovoltaischen Effekt im Halbleiter direkt in elektrischen Strom um; der Gleichstrom wird über einen Wechselrichter nutzbar gemacht. Wirkungsgrad 18 bis 23 %, Flächenenertrag rund 180 bis 220 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Solarthermie hat den höheren Flächenenertrag, liefert aber nur Wärme und braucht einen Speicher; PV-Strom ist universell nutzbar, auch für den Antrieb der Wärmepumpe, und einspeisbar. Deshalb wird heute häufig PV mit Wärmepumpe statt Solarthermie kombiniert.

Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten für die thermische Nutzung von Sonnenenergie.

Trinkwassererwärmung · Heizungsunterstützung als Kombianlage · Schwimmbad- und Freibaderwärmung über Absorbermatten · Prozesswärme in Gewerbe und Landwirtschaft, etwa zur Trocknung · solare Nahwärme mit saisonalem Großspeicher · solare Kühlung über eine Absorptionskältemaschine · Luftkollektoren zur Zuluftvorwärmung und Bautrocknung.

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

Der Brauchwasser- beziehungsweise Trinkwasserspeicher enthält das Trinkwasser selbst. Er ist trinkwassergeeignet ausgeführt — emaillierter Stahl oder Edelstahl mit Opferanode — muss dem Trinkwasserdruck standhalten und unterliegt den Hygieneanforderungen nach DVGW W 551 mit Legionellschaltung. Der Pufferspeicher enthält Heizungswasser. Er speichert Wärme für den Heizkreis, entkoppelt Erzeuger und Verbraucher, ist nicht trinkwassergeeignet und hygienisch unkritisch. Mischformen: der Kombispeicher — Puffer mit innenliegendem Trinkwasser-Wellrohr — und die Frischwasserstation am Puffer, die das Trinkwasser im Durchfluss erwärmt und hygienisch die beste Lösung ist, weil kein Trinkwasser bevorratet wird.

Was versteht man unter Nachheizung innerhalb einer Solaranlage für die Warmwasserbereitung und welche Aufgabe hat sie?

Die konventionelle Zusatzheizung — Kessel, Wärmepumpe oder Elektroheizstab — die den oberen Speicherbereich, den Bereitschaftsteil, auf Solltemperatur bringt, wenn der solare Ertrag nicht ausreicht. Aufgabe: jederzeitige Versorgungssicherheit und Komfort sowie die Hygienesicherung gegen Legionellen. Planerisch wichtig: Die Nachheizung darf nur den oberen Speicherteil beheizen, damit der untere, kalte Bereich als Solarvolumen frei bleibt — sonst sinkt der Solarertrag deutlich.

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

Sie arbeitet als Temperaturdifferenzregelung mit zwei Fühlern: T1 am Kollektorausstritt, T2 im unteren Speicherbereich. Übersteigt die Kollektortemperatur die Speichertemperatur um die Einschaltdifferenz — typisch 6 bis 8 K — schaltet die Solarkreispumpe ein. Fällt die Differenz unter die Ausschaltdifferenz von etwa 2 bis 4 K, schaltet sie wieder ab. Ergänzende Funktionen: Speichermaximaltemperatur mit Abschaltung, Kollektorübertemperatur- und Stagnationsschutz, Kollektor-Frostschutzfunktion, Rückkühlfunktion sowie bei besseren Reglern eine drehzahlgeregelte Pumpe (Matched Flow).

Erklären Sie den Begriff Deckungsgrad einer thermischen Solaranlage.

Der solare Deckungsgrad ist der Anteil des Wärmebedarfs, den die Solaranlage im Jahresmittel deckt: solarer Wärmeertrag geteilt durch den Gesamtwärmebedarf, in Prozent. Typische Werte: 50 bis 60 % bei reiner Trinkwassererwärmung — im Sommer nahezu 100 %, im Winter gering — und 15 bis 30 % bei Heizungsunterstützung. Wichtig zur Abgrenzung: Ein höherer Deckungsgrad wird durch Überdimensionierung erkauft und senkt den spezifischen Ertrag je Quadratmeter Kollektorfläche, weil die Anlage im Sommer in Stagnation geht. Deckungsgrad ist nicht dasselbe wie Kollektorwirkungsgrad.

Nennen Sie die Bauteile und Sicherheitseinrichtungen einer Solarstation.

Solarkreispumpe · Vor- und Rücklaufabspernung mit integrierten Thermometern · Schwerkraftbremse beziehungsweise Rückschlagventil gegen nächtliche Zirkulation und Auskühlung · Durchflussmesser mit Regulierventil · Manometer · Sicherheitsventil, in der Regel 6 bar, mit Abblaseleitung in ein Auffanggefäß · Anschluss für das solartaugliche Membranausdehnungsgefäß, meist mit Vorschaltgefäß zum Schutz der Membran vor heißem Medium · Luftabscheider oder Entlüfter · Füll- und Entleerungshähne · Fühleranschlüsse und Solarregler.

Welche Aufgabe und Funktion hat der Durchflussmesser innerhalb einer Solaranlage?

Aufgabe: Einstellen und Kontrollieren des Volumenstroms im Solarkreis, damit auch der hydraulische Abgleich mehrerer Kollektorfelder. Funktion: Ein Schwebekörper wird in einem konischen Rohr von der Strömung angehoben; seine Höhe ist das Maß für den Durchfluss in l/min, eingestellt wird über ein integriertes Regulierventil. Bedeutung: Ein zu geringer Durchfluss führt zu hohen Kollektortemperaturen, sinkendem Wirkungsgrad und Stagnationsgefahr; ein zu hoher Durchfluss zerstört die Speicherschichtung und kostet unnötig Pumpenenergie. Auslegung: Low Flow etwa 10 bis 15 l/(m²·h), High Flow etwa 30 bis 50 l/(m²·h). Zugleich dient er der Funktionskontrolle — läuft die Pumpe, ist der Kreis frei, ist Luft im System.

In welchem Bereich sollte der Neigungswinkel eines Sonnenkollektors liegen? Bitte begründen.

In der Regel 30 bis 50 Grad bei Südausrichtung. Begründung: Der optimale Winkel für die Jahressumme entspricht etwa dem Breitengrad abzüglich 10 bis 15 Grad, sodass die Strahlung im Mittel möglichst senkrecht auftrifft. Für die reine Trinkwassererwärmung mit Schwerpunkt im Sommer und hohem Sonnenstand sind flachere 30 bis 40 Grad günstiger; für Heizungsunterstützung mit Schwerpunkt im Winter und niedrigem Sonnenstand steilere 45 bis 60 Grad, weil dann die Wintereinstrahlung besser genutzt und zugleich die sommerliche Stagnation reduziert wird. Steilere Neigungen begünstigen zudem Selbstreinigung und Schneeabgang. Abweichungen von Süd bis etwa 45 Grad nach Ost oder West kosten weniger als 10 % Ertrag.

Beschreiben Sie den Unterschied von einem Schichtladespeicher zu einem Schichtenspeicher.

Schichtenspeicher — passive Schichtung. Der Speicher nutzt allein die Dichteunterschiede des Wassers; konstruktive Maßnahmen wie Prallbleche, Strömungsberuhigung und tangentialer Einströmung sorgen dafür, dass die vorhandene Temperaturschichtung beim Be- und Entladen nicht zerstört wird. Eine gezielte Zuordnung des eintretenden Mediums findet nicht statt.

Schichtladespeicher — aktive Beladung. Über eine Schichtladeeinrichtung — eine Ladelanze mit selbsttätigen Klappen oder eine externe Ladeeinheit aus Plattenwärmetauscher und drehzahl geregelter Pumpe — wird das erwärmte Medium temperaturabhängig genau in der Speicherhöhe eingeschichtet, in der dieselbe Temperatur herrscht. Vorteil: Der Bereitschaftsteil oben ist schneller nutzbar, die Schichtung bleibt intakt, und der Solarkreis arbeitet mit niedrigerer Rücklauftemperatur — das erhöht den Kollektorwirkungsgrad.

Hinweis: Die Begriffe werden in der Praxis unscharf verwendet. Im Zweifel den Unterschied als passiv erhaltene gegenüber aktiv erzeugter Schichtung beschreiben.

7 HANDLUNGSFELD 5 — FESER, GEG-GRUNDLAGEN (45 P / 45 MIN)

Rechtsstand GEG in der Fassung vom 1. Januar 2024. Aufbau nach Dozentenaussage: 24 Fragen, gemischtes Format — Ja/Nein-Ankreuzfragen, Begriffsdefinitionen, praxisbezogene Kurzantworten.

GELTUNGSBEREICH GEG

Für welche Gebäude gilt das GEG? Nennen Sie mindestens drei Ausnahmen.

Gilt für: Neubauten (Wohn- und Nichtwohngebäude), Bestandsgebäude bei wesentlichen Änderungen sowie alle beheizten oder klimatisierten Gebäude, einschließlich ihrer Anlagen der Heizungs-, Kühl-, Raumluft- und Beleuchtungstechnik und der Warmwasserversorgung (§ 2 Abs. 1 GEG).

Gilt nicht für: Gebäude $\leq 50 \text{ m}^2$ Nutzfläche · provisorische Gebäude mit Nutzungsdauer ≤ 2 Jahre · nicht beheizte kirchliche Andachtsstätten bzw. Gebäude für Gottesdienst und religiöse Zwecke · landwirtschaftliche Betriebsgebäude mit eigenem Prozesswärmeanfall und Betriebsgebäude für Tierhaltung · Traglufthallen und Zelte · Industriegebäude und Werkstätten mit überwiegend Prozesswärme · Unterglasanlagen und Gewächshäuser · unterirdische Bauten · Wohngebäude mit Nutzung unter vier Monaten im Jahr.

Ist der Energieeinsatz für Produktionsprozesse in Gebäuden Gegenstand dieses Gesetzes?

Nein (§ 2 Abs. 3 GEG) — Prozessenergie bleibt außen vor.

BEGRIFFSDEFINITIONEN

Erläutern Sie: Primärenergiebedarf, Endenergiebedarf, Transmissionswärmeverlust $H'T$, Referenzgebäude, Wohngebäude, Nichtwohngebäude.

Primärenergiebedarf — gesamter Energiebedarf einschließlich der Vorkette (Förderung, Transport, Umwandlung des Energieträgers). Bilanziert den systemischen Gesamtaufwand für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Kühlung, bei Nichtwohngebäuden zusätzlich Beleuchtung.

Endenergiebedarf — Energiemenge, die beim Verbraucher ankommt, z. B. Gas am Zähler oder Strom aus der Steckdose. Grundlage für die Heizkostenabrechnung.

Transmissionswärmeverlust $H'T$ — auf die wärmeübertragende Hüllfläche bezogener Wärmeverlust. Anforderungsgröße im GEG neben dem Primärenergiebedarf; verhindert Kühltanksysteme mit großem A/V-Verhältnis.

Referenzgebäude — fiktives Gebäude gleicher Geometrie, Nutzfläche und Ausrichtung wie das Planungsgebäude, aber mit festgelegten Referenzwerten für Bauteile und Anlagentechnik nach Anlage 1 (WG) bzw. Anlage 2 (NWG). Dient als Vergleichsmaßstab für die Anforderungsprüfung.

Wohngebäude — Gebäude, das überwiegend dem Wohnen dient ($\geq 50 \%$ der Nutzfläche ist Wohnfläche nach WoFIV). Nichtwohngebäude — alle anderen beheizten oder klimatisierten Gebäude: Büro, Schule, Handel, Gewerbe, beheizte Kirche.

Erläutern Sie die Begriffe Baudenkmal und Wohnfläche im Sinne des GEG.

Baudenkmal — ein nach Landesrecht geschütztes Gebäude oder eine Gebäudemehrheit; in Bayern nach Art. 1 BayDSchG. Wohnfläche — die nach der Wohnflächenverordnung berechnete Fläche einer Wohnung.

ERNEUERBARE ENERGIEN

Nennen Sie die im GEG anerkannten erneuerbaren Energiequellen.

Solarenergie — Photovoltaik zur Stromerzeugung und Solarthermie zur Wärmeerzeugung · Windenergie · Biomasse — Holzpellets, Hackschnitzel, Scheitholz, Biogas und Biomethan aus erneuerbaren Quellen · Geothermie — tiefe und oberflächennahe Erdwärme · Umgebungswärme — Luft, Grundwasser, Erdreich als Grundlage für Wärmepumpen · Wasserkraft · Meeresenergie — Wellen, Gezeiten, thermische Meeresenergie. Merke: Umgebungswärme und Geothermie werden im GEG unterschieden — wer beides getrennt nennt, zeigt Präzision.

MODELLGEBÄUDEVERFAHREN (ANLAGE 1 GEG)

Was ist das Modellgebäudeverfahren, für wen gilt es und wie funktioniert es?

Vereinfachter Alternativnachweis zum rechnerischen Jahresprimärenergiebedarfs-Nachweis. Anwendungsbereich: Wohngebäude mit einfacher Geometrie und bis zu zwei Wohneinheiten. Funktionsprinzip: Keine Energiebilanzrechnung erforderlich, wenn sämtliche tabellierten Mindeststandards aus Anlage 1 GEG eingehalten werden — U-Werte für Außenwand, Dach, Bodenplatte und Fenster sowie die Anforderungen an die Anlagentechnik mit einem EE-Anteil von mindestens 65 %. Prüfungshinweis: Die konkreten Tabellenwerte müssen nicht auswendig gewusst werden — das Prinzip Vergleich mit tabelliertem Standard statt Rechnung genügt.

NACHRÜSTVERPFLICHTUNGEN IM BESTAND

Gilt das GEG auch für bestehende Gebäude? Welche konkreten Nachrüstpflichten ergeben sich?

Ja — der Bestand ist nicht generell außen vor. Drei Paragraphen merken:
§ 46 GEG — Wärmedämmung von wärmeführenden Rohrleitungen und Armaturen in unbeheizten Räumen (Keller, Spitzboden).
§ 47 GEG — Dämmung der obersten Geschossdecke oder des darüber liegenden Dachs, sofern der Bauteil den Mindestwärmeschutz nicht erfüllt und die Decke begehbar ist.
§ 72 GEG — Außerbetriebnahme alter Öl- und Gasheizkessel (Baujahr vor 01.01.1991, Nennleistung 4 bis 400 kW). Ausnahme: selbstgenutztes Ein- oder Zweifamilienhaus, wenn der Eigentümer am 01.02.2002 bereits darin gewohnt hat.

ENERGIEAUSWEISE

Welche Arten von Energieausweisen gibt es und welche Daten liegen diesen jeweils zugrunde?

Bedarfsausweis — berechneter Energiebedarf auf Grundlage der Bauteil- und Anlagendaten. Objektiv und nutzungsunabhängig, zeigt das Gebäudepotenzial. Pflicht bei Neubauten immer sowie im Bestand bei weniger als 5 Wohneinheiten mit Baujahr vor 1977.
Verbrauchsausweis — witterungsbereinigter, gemessener Energieverbrauch der letzten drei Jahre. Das Nutzungsverhalten beeinflusst den Wert, daher weniger objektiv. Möglich bei Bestand ab 5 Wohneinheiten oder jüngerem Baujahr.

Wann muss ein Energieausweis ausgestellt werden und was muss vorgelegt werden?

Pflicht bei Neubau, Verkauf, Vermietung, Verpachtung und Leasing sowie bei größeren Änderungen im Bestand, wenn Berechnungen nach § 50 durchgeführt werden. Bei Besichtigungen ist der Ausweis unaufgefordert vorzulegen. In Immobilienanzeigen sind Energieeffizienzklasse, Kennwert und Energieträger anzugeben. Aushangpflicht bei behördlich genutzten Gebäuden über 250 m² Nutzfläche mit starkem Publikumsverkehr.

Wie lange ist ein Energieausweis gültig und was zeigt die Skala?

Gültigkeit 10 Jahre. Energieskala von Klasse A+ (sehr effizient) bis Klasse H (sehr ineffizient). Kennwert: Endenergiebedarf bzw. -verbrauch in kWh/(m²·a). Aussteller: qualifizierte Fachleute — Architekten, Ingenieure, Energieberater mit entsprechender Qualifikation.

Bei welchem Gebäude im Bestand muss zwingend ein Energiebedarfsausweis ausgestellt werden? (stark vereinfacht)

Bei Wohngebäuden mit nicht mehr als vier Wohnungen, deren Bauantrag vor dem 1. November 1977 gestellt wurde und die nicht mindestens auf das Anforderungsniveau der Wärmeschutzverordnung 1977 modernisiert sind (§ 80 Abs. 3 GEG).

Was sind Modernisierungsempfehlungen und wo sind diese anzugeben?

Empfehlungen des Ausstellers für kostengünstige Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Eigenschaften des Gebäudes (§ 84 GEG). Sie sind Bestandteil des Energieausweises bzw. diesem beizufügen; sind keine Maßnahmen möglich, ist das im Ausweis zu erklären.

GEBÄUDEHÜLLE, LÜFTUNG, SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Welche Anforderungen stellt das GEG an die Gebäudehülle?

§§ 10 und 11 GEG: Der berechnete Jahresprimärenergiebedarf darf den Wert des Referenzgebäudes nicht überschreiten. Zusätzlich ist der spezifische Transmissionswärmeverlust H'T begrenzt — das verhindert energetisch ungünstige Geometrien mit schlechtem A/V-Verhältnis. Bei wesentlichen Änderungen im Bestand sind die U-Wert-Bauteilgrenzwerte nach Anlage 7 GEG einzuhalten.

Was versteht man unter sommerlichem Wärmeschutz und welche Norm gilt?

Die bauliche Begrenzung des Wärmeeintrags im Sommer (§ 14 GEG), damit behagliche Raumtemperaturen möglichst ohne Kühlenergie gehalten werden. Bezugsnorm DIN 4108-2, Nachweis über den Sonneneintragskennwert oder eine thermische Simulation. Maßnahmen: außenliegender Sonnenschutz, Nachtlüftung, Speichermasse, Begrenzung der Fensterflächen.

Welche Anforderungen stellt das GEG an die Dichtheit der Gebäudehülle und den Mindestluftwechsel?

§ 13 GEG: Die wärmeübertragende Umfassungsfläche ist dauerhaft luftundurchlässig nach den anerkannten Regeln der Technik auszuführen; zugleich ist der zum Zweck der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sicherzustellen. Bei hoher Luftdichtheit ist eine kontrollierte Wohnraumlüftung faktisch erforderlich. Grenzwerte der Dichtheitsprüfung: § 26 GEG, $n_{50} \leq 3,0$ bzw. $1,5 \text{ h}^{-1}$.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Was besagt das Wirtschaftlichkeitsgebot des GEG und welche praktische Bedeutung hat es?

§ 5 GEG: Energiesparmaßnahmen müssen wirtschaftlich vertretbar sein. Anforderungen des GEG dürfen nicht zu Investitionen führen, deren Kosten den Energiekosteneinsparungen über die Nutzungsdauer erkennbar nicht entsprechen. Praktische Relevanz: Begründung für Ausnahmen und Nachrüstfreistellungen · Grundlage für Beratungsempfehlungen als Energieberater · Abwägung von Investitionskosten gegen Einsparung und Fördermittel. Eine energetisch optimale, aber unwirtschaftliche Lösung ist nicht beratungskonform.

ZULÄSSIGE HEIZUNGEN IM BESTAND (§§ 71 FF.)

Was ist die Kernregel seit der GEG-Novelle 2024?

Jede neue oder ersetzte Heizungsanlage muss mindestens 65 % erneuerbare Energie nutzen. Die Pflicht gilt beim Einbau einer neuen Anlage — nicht automatisch für den laufenden Betrieb einer Bestandsheizung.

Welche Erfüllungsoptionen sieht das GEG vor? Welche sind förderfähig?

Die Paragraphenkenntnisse im Einzelnen sind nicht prüfungsrelevant — die Liste und die 65-%-Regel genügen. Tabelle siehe unten.

ERFÜLLUNGSOPTION	KURZBESCHREIBUNG	BEG-FÖRDERUNG
Anschluss Wärmenetz	Fern- oder Nahwärme mit nachgewiesenem EE-Anteil	Ja
Wärmepumpe	Luft-, Sole- oder Grundwasser-WP; häufigste Empfehlung	Ja (35 % + Boni)
Stromdirektheizung	Nur bei sehr hohem Gebäudestandard ($\geq$ KfW 55) oder mit PV	Eingeschränkt
Solarthermie-Hybrid	Solarthermie + konventioneller Kessel als Spitzenlast	Ja
Wärmepumpen-Hybrid	WP als Basis + Gas-/Ölkessel als Backup; WP deckt $\geq$ 65 %	Ja (WP-Anteil)
Biomasse	Pellets, Hackschnitzel, Scheitholz; Staubfilter erforderlich	Ja (eingeschränkt)
Brennstoffzelle	Wasserstoff- oder Erdgasbetrieb bei erfüllter 65-%-Anforderung	Ja
Grüner/blauer Wasserstoff	Perspektivisch; infrastruktureitig aktuell begrenzt	Nein (noch n. r.)
Reine Gas- oder Ölheizung	Perspektivisch auslaufend	Nein

8 RECHENAUFGABEN UND FORMELSAMMLUNG

Grundlage. Rechenblock am Freitag — HF 1 und HF 4 mit Unterlagen, Formeln stehen im Formblatt. Erwartet werden nach Dozentenaussage: Auslegung Luft- oder Sole-Wasser-Wärmepumpe · solarthermische Anlage · Warmwasserspeichergröße · Luftkanalberechnung · U-Wert und erforderliche Dämmdicke · Wärmestrom und Heizkosteneinsparung durch Einzelmaßnahmen · Fördersumme BEG. Die Musterrechnungen stammen aus der Probeprüfung vom 18.07.2026 und den Liebler-Beispielen.

F1 — U-WERT EINES MEHRSCICHTIGEN BAUTEILS

$$U = 1 / (R_{si} + \sum d_i / \lambda_i + R_{se}) \quad [W / (m^2 \cdot K)]$$

$$RT = R_{si} + \sum d_i / \lambda_i + R_{se} \quad [m^2 \cdot K / W]$$

$R_{si} = 0,13$ (Innenseite Außenwand) · $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot K / W$ (Außenseite). Rechenrichtung immer innen nach außen, warm nach kalt. λ als Bemessungswert. Runden auf zwei Nachkommastellen — 0,145 wird zu 0,15 und erfüllt 0,14 nicht.

F2 — ERFORDERLICHE DÄMMDICKE

$$R_{alt} = 1 / U_{alt} \quad [m^2 \cdot K / W]$$

$$R_{soll} = 1 / U_{soll} \quad [m^2 \cdot K / W]$$

$$\Delta R = R_{soll} - R_{alt} \quad [m^2 \cdot K / W]$$

$$d_{erf} = \Delta R \times \lambda_{Dämmung} \quad [m]$$

Kontrolle: $U_{\text{neu}} = 1 / (R_{\text{alt}} + d_{\text{gewählt}} / \lambda) \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

Musterrechnung (Probeprüfung Aufg. 5): $U_{\text{alt}} 1,25 \cdot U_{\text{soll}} 0,20 \cdot \lambda 0,032$. $R_{\text{alt}} = 0,80 \cdot R_{\text{soll}} = 5,00 \cdot \Delta R = 4,20 \cdot d = 4,20 \times 0,032 = 0,134 \text{ m} \rightarrow$ gewählt 14 cm (2-cm-Raster aufrunden). $U_{\text{neu}} = 1 / (0,80 + 0,14/0,032) = 1/5,175 = 0,193 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow$ BEG-Anforderung 0,20 erfüllt.

F3 — JÄHRLICHER WÄRMESTROM (GRADTAGZAHL-METHODE)

$Q_{\text{h}} = U \times A \times Gt \times 24 / 1.000 \quad [\text{kWh/a}]$

$\Delta Q_{\text{h}} = \Delta U \times A \times Gt \times 24 / 1.000 \quad [\text{kWh/a} \text{ — Einsparung durch Maßnahme}]$

Gt in Kd/a (Gradtagzahl, Würzburg ca. 3.240) · A in m^2 · U in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. $\Delta U = U_{\text{alt}} - U_{\text{neu}}$. Der Faktor 24 rechnet Tage in Stunden um, /1.000 rechnet W in kW.

Musterrechnung Fenstertausch: $A = 40 \text{ m}^2$, $Gt = 3.000 \text{ Kd}$, $U_{\text{alt}} 2,60$, $U_{\text{neu}} 0,95 \rightarrow \Delta U = 1,65$. $\Delta Q_{\text{h}} = 1,65 \times 40 \times 3.000 \times 24 / 1.000 = 4.752 \text{ kWh/a}$.

F4 — ENDENERGIE, PRIMÄRENERGIE, HEIZKOSTEN

$Q_{\text{E}} = Q_{\text{h}} / \eta_{\text{Anlage}} \quad [\text{kWh/a} \text{ — Endenergie}]$

$Q_{\text{P}} = Q_{\text{E}} \times f_{\text{p}} \quad [\text{kWh/a} \text{ — Primärenergie}]$

$K = Q_{\text{E}} \times \text{Preis je kWh} \quad [\text{€/a} \text{ — Heizkosten}]$

η_{Anlage} — Gesamtwirkungsgrad Erzeugung und Verteilung: Öl-Bestand ca. 0,85 · Gas-Brennwert ca. 0,95 · Pellet ca. 0,85 · Wärmepumpe: statt η die JAZ ansetzen, $Q_{\text{E}} = Q_{\text{h}} / \text{JAZ}$. f_{p} siehe Merkmahlen. Umrechnung Brennstoffpreis: Heizöl 1,25 €/l ÷ 10 kWh/l = 0,125 €/kWh.

Musterrechnung Wanddämmung: $A = 200 \text{ m}^2$, $Gt = 3.000$, $U_{\text{alt}} 1,25$, $U_{\text{neu}} 0,20 \rightarrow \Delta U = 1,05$. $\Delta Q_{\text{h}} = 1,05 \times 200 \times 3.000 \times 24 / 1.000 = 15.120 \text{ kWh/a} \rightarrow Q_{\text{E}} = 15.120 / 0,85 = 17.788 \text{ kWh/a} \rightarrow K = 17.788 \times 0,125 = 2.224 \text{ €/a}$ · $Q_{\text{P}} = 17.788 \times 1,1 = 19.567 \text{ kWh/a}$.

Prüfungsfalle: Streng genommen ist das Ergebnis die Einsparung durch die Maßnahme, nicht der Endenergiebedarf des gesamten Gebäudes. Wert hinschreiben und mit dem Zusatz auf die Maßnahme bezogen kennzeichnen.

F5 — HEIZLAST UND WÄRMEPUMPENAUSLEGUNG (LIEBLER)

$Q_{\text{H}} = q_{\text{spez}} \times A_{\text{beheizt}} / 1.000 \quad [\text{kW} \text{ — Gebäudeheizlast überschlägig}]$

q_{spez} in W/m^2 : unsanierter Altbau 120–160 · teilsaniert 80–100 · sanierter Bestand 50–70 · Neubau GEG / EH 55 25–40. Genaue Auslegung nach DIN EN 12831.

$Q_{\text{TW}} = n_{\text{Personen}} \times 0,20 \text{ bis } 0,25 \quad [\text{kW} \text{ — Zuschlag Trinkwarmwasser}]$

$Q_{\text{Ausl}} = (Q_{\text{H}} + Q_{\text{TW}}) \times f_{\text{Sperrzeit}} \quad [\text{kW} \text{ — Auslegungsleistung WP}]$

$f_{\text{Sperrzeit}}$ nach EVU-Sperrzeit (VDI 4645): 2 h → 1,08 · 4 h → 1,17 · 6 h → 1,25. Ohne Sperrzeit 1,0.

$\text{JAZ} = Q_{\text{ab}} / W_{\text{el}} \quad [\text{— Jahresarbeitszahl, real, incl. Hilfsstrom}]$

$\text{COP} = Q_{\text{ab}} / P_{\text{el}} \quad [\text{— Prüfstandswert, Normpunkt B0/W35 bzw. A2/W35}]$

Temperaturhub = $T_{\text{Vorlauf}} - T_{\text{Quelle}} \quad [\text{K} \text{ — je kleiner, desto besser die Effizienz}]$

Kälteleistung Q_0 = $Q_{\text{Heiz}} - P_{\text{el}} \quad [\text{kW} \text{ — Basis der Wärmequellenauslegung}]$

Bivalenzpunkt für die Rechnung: typisch – 3 bis – 7 °C. Grafische Bestimmung und Begriffsabgrenzung siehe Handlungsfeld 4, Themenblock Wärmepumpe.

Erdwärmesonde (VDI 4640): Entzugsleistung $P_{\text{Ent}} = Q_{\text{Ausl}} \times (\text{JAZ} - 1) / \text{JAZ}$ — bei JAZ 4 also ca. $0,75 \times Q_{\text{Ausl}}$. Spezifische Entzugsleistung nach Bodenart: 20 W/m trockenes Sediment · 50 W/m normaler Festgestein- und Lehm Boden (Standardansatz) · 70–80 W/m Kies mit Grundwasser. Sondenlänge $L = P_{\text{Ent}} / q_{\text{spez}}$. Bei der Doppel-U-Sonde ist ein Bohrmeter ein Sondenmeter.

Erdkollektor: Fläche $A_{\text{Koll}} = P_{\text{Ent}} / q_{\text{Koll}}$. Spezifische Entzugsleistung 10–40 W/m² je nach Bodenfeuchte (trockener Sand 10–15 · feuchter Lehm 30–40). Verlegetiefe 1,2–1,5 m, Rohrabstand 0,5–0,8 m.

Musterrechnung Sole-Wasser-WP: EFH 202 m², Baujahr 2008, q_{spez} 55 W/m², Vorlauf 50 °C, 4 Personen, Doppel-U-Sonde. $Q_H = 55 \times 202 / 1.000 = 11,1 \text{ kW}$ · $Q_{\text{TWW}} = 4 \times 0,25 = 1,0 \text{ kW}$ · Summe 12,1 kW · mit Sperrzeitfaktor 1,08 → $Q_{\text{Ausl}} = 13,1 \text{ kW}$. Gerätewahl im Betriebspunkt B0/W50 aus dem Herstellerdatenblatt. P_{Ent} bei JAZ 4 = $13,1 \times 0,75 = 9,8 \text{ kW}$ → bei 50 W/m Sondenlänge $L = 9.800 / 50 = 196 \text{ m}$, also z. B. 2 Sonden à 100 m.

F6 — WARMWASSERSPEICHER UND SOLARTHERMIE

$V_{\text{TWW}} = n_{\text{Personen}} \times V_{\text{Person}} \times f$ [l — Speichervolumen]

V_{Person} 30–50 l bei konventioneller Beheizung · $f = 1,0$ – $1,5$ (Sicherheit, Komfortstufe). Bei bivalentem Solarspeicher 80–100 l je Person.

$Q_{\text{TWW}} = V \times c \times \Delta T / 3.600$ [kWh — Aufheizwärme]

$c = 4,187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ · V in Litern · $\Delta T = T_{\text{Speicher}} - T_{\text{Kaltwasser}}$ (typ. $50 - 10 = 40 \text{ K}$).
Beispiel: 300 l von 10 auf 50 °C = $300 \times 4,187 \times 40 / 3.600 = 13,96 \text{ kWh}$.

Solarthermie Warmwasser 1,0–1,5 m² Kollektorfläche je Person · 50–80 l Speicher je m²

Solarthermie Heizungsunterstützung 0,5–1,0 m² je 10 m² Wohnfläche · 50–70 l Puffer je m²

Mindest-Puffervolumen für die Biomasseförderung siehe Handlungsfeld 4, Themenblock Biomasse.

F7 — LUFTVOLUMENSTROM UND KANAL

$V_{\text{Nenn}} = n \times V_{\text{Raum}}$ [m³/h — mit $n = 0,4$ – $0,5 \text{ h}^{-1}$ (Nennlüftung DIN 1946-6)]

$V = A_{\text{Kanal}} \times v \times 3.600$ [m³/h — aus Querschnitt und Geschwindigkeit]

$A_{\text{Kanal}} = V / (v \times 3.600)$ [m² — erforderlicher Querschnitt]

Empfohlene Strömungsgeschwindigkeiten: Hauptkanal 3–4 m/s · Nebenkanal 2–3 m/s · Auslass/Ventil 1,5–2 m/s. Bei Rundrohr: $A = \pi \times d^2 / 4$, umgestellt $d = \sqrt{(4A/\pi)}$.

$Q_{\text{Lüftung}} = V \times \rho \times c \times \Delta T / 3.600$ [kW — Lüftungswärmeverlust]

$\rho \times c$ für Luft $\approx 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$, vereinfacht: $Q = 0,34 \times V \times \Delta T$ in W. Mit Wärmerückgewinnung: $Q \times (1 - \eta_{\text{WRG}})$, $\eta_{\text{WRG}} \geq 0,75$ nach BEG.

F8 — FÖRDERSUMME BEG (PROBEPRÜFUNG)

Zuschuss BEG EM = Σ förderfähige Kosten × Fördersatz [€]

Fördersatz Gebäudehülle 15 % · mit iSFP-Bonus 20 % · Heizungstausch 30 %

Grundförderung plus Boni. Höchstgrenze förderfähige Kosten 30.000 € je WE und Jahr, mit iSFP 60.000 €.

Tilgungszuschuss KfW 261 = Σ förderfähige Kosten × TZ-Satz [€]

TZ EH 70 EE 15 % · mit WPB-Bonus zusätzlich 10 % → 25 %. Kreditdeckel bei EE-Klasse 150.000 € je WE. Baubegleitung 50 % des Honorars.

Zuschuss EBW = 50 % des Honorars, max. 650 € (EFH/ZFH), 850 € (≥ 3 WE) [€]

Statische Amortisation = Investition / jährliche Einsparung [a]

Musterrechnung Einzelmaßnahmen (Aufg. 6): Fenster 14.000 + Rollladenkastendämmung 4.000 + WDVS 16.000 = 34.000 € förderfähig · $\times 20 \%$ (15 % Grund + 5 % iSFP) = 6.800 € · Baubegleitung $1.800 \times 50 \%$ = 900 € · Gesamt 7.700 €. Zentralstaubsauger nicht förderfähig — keine energetische Maßnahme.

Musterrechnung Effizienzhaus (Aufg. 7): Hülle 34.000 + Pelletheizung 25.000 + Lüftung 7.000 = 66.000 € · TZ EH 70 EE 15 % = 9.900 € · Baubegleitung 1.800 × 50 % = 900 € → rund 10.800 €. Bei Worst Performing Building (Baujahr 1956, ungedämmte Wand U 1,25) zusätzlich 10 % → 25 % = 16.500 €. Dazu der Zinsvorteil des Kredits, der ebenfalls Förderung ist und einen Satz wert ist.

Kumulierungsverbot — dreistufig begründen: (1) Dieselben förderfähigen Kosten dürfen nicht in mehreren Teilprogrammen gefördert werden. (2) Maßnahmen, die Bestandteil der Effizienzhaus-Bilanz sind, parallel als BAFA-Einzelmaßnahmen zu beantragen, wäre Doppelförderung derselben Maßnahme. (3) Der iSFP-Bonus gilt nicht für Komplettsanierungen zum Effizienzhaus — er ist ein reines Einzelmaßnahmen-Instrument. Also: entweder EM-Route (BAFA EM, ggf. KfW 458 für die Heizung) oder EH-Route (KfW 261) — für dieselben Kosten nie beides.

F9 — GLASER-VERFAHREN (PRAKTISCHE AUFGABE)

Ablauf in fünf Schritten:

1 Temperaturverlauf: $\theta_x = \theta_i - (R_{\text{kumuliert}} / RT) \times (\theta_i - \theta_e)$ an jeder Schichtgrenze, mit $RT = R_{si} + \sum d_i / \lambda_i + R_{se}$.

2 Sättigungsdampfdruck: $p_{\text{sat}}(\theta)$ an jeder Schichtgrenze aus der Tabelle bzw. dem Formblatt ablesen.

3 Teildampfdruck: p_i und p_e aus $\phi \times p_{\text{sat}}$ berechnen, dazwischen linear über die sd-Werte auftragen ($sd = \mu \times d$), nicht über die physische Dicke.

4 Auswertung: Berühren oder schneiden sich die Kurven, fällt Tauwasser aus. Tauwassermenge in der Tauperiode gegen Verdunstungsmenge in der Verdunstungsperiode. Grenzwerte 1,0 kg/m², bei nicht kapillar aufnahmefähigen Schichten 0,5 kg/m²; bei Holz zusätzlich Begrenzung der Feuchtezunahme.

5 Ausnahmen: Glaser gilt nicht bei erdreichberührten Bauteilen und nicht bei überwiegender Innendämmung → hygrothermische Simulation.

F10 — OBERFLÄCHENTEMPERATUR UND SCHIMMELKRITERIUM

$$\theta_{si} = \theta_i - R_{si} \times U \times (\theta_i - \theta_e) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$fR_{si} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e) \geq 0,70 \quad [—]$$

Bei 20 °C Raumluft und 50 % relativer Feuchte entspricht $fR_{si} \geq 0,70$ einer Mindest-Oberflächentemperatur von 12,6 °C. Das ist die abgefragte Faustzahl.

F11 — WEITERE GRÖSSEN

$$sd = \mu \times d \quad [\text{m} — \text{wasserdampfäquivalente Luftschichtdicke}]$$

$$A/V\text{-Verhältnis} = \text{Hüllfläche } A / \text{beheiztes Volumen } V_e \quad [1/\text{m}]$$

$$H'T = \sum (U_i \times A_i \times F_{xi}) / A_{\text{Hülle}} + \Delta U_{\text{WB}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

ΔU_{WB} pauschal: 0,10 W/(m²·K) ohne Nachweis · 0,05 bei Ausführung nach DIN 4108 Bbl. 2 · detaillierter Nachweis über ψ -Werte. F_x : Außenluft 1,0 · unbeheizter Keller ca. 0,5–0,6 · Erdreich über B' zu bestimmen.

9 ORGANISATORISCHES

Projektarbeit: Abgabe am Montag der Prüfungswoche, 27.07.2026 — vorher in den Briefkasten oder persönlich abgeben und den Eingang bestätigen lassen. Fachgespräch: maximal 30 Minuten; Einstieg über die eigene Erläuterung der Projektarbeit, dann übernimmt die Kommission das Gespräch — ruhige Form, kein Grund für Prüfungsstress. Nicht-rote Farbstifte für die Zeichenaufgabe mitbringen. Ordentliche Erscheinung am Prüfungstag. Die Fragen der alten Prüfungen sind Stilmuster — die Dozenten hören gern die Fachbegriffe aus ihrem eigenen Unterricht; Antworten daher in deren Terminologie formulieren.

Arnstein, den 20.07.2026

JOHANNES MANGER

Architekt