

Gebäudestandards nachweisen für EnEV und Förderprogramme – Diskussion der Schnittstelle von Solarsimulation und öffentlich-rechtlichem Nachweis

Klaus Lambrecht

ECONSULT Lambrecht Jungmann Partner
Buchenweg 12, D-72108 Rottenburg
Tel. +49 (0)7457 – 919 33 Kontakt: www.solaroffice.de

Fachbeitrag 22. Symposium Thermische Solarenergie 2012 Kloster Banz

1 Vorbemerkungen

Die vorliegenden Ergebnisse sind im Rahmen einer der Studie „Energiestandards – KfW-Effizienzhaus, Passivhaus und Gebäude mit hohem solaren Deckungsanteil im Vergleich“ für das SHI erarbeitet worden.

Die Simulationsresultate haben nur unter den angegebenen Randbedingungen Gültigkeit. Die Randbedingungen sind durch die EnEV2009 festgelegt. Nach diesen Randbedingungen und den Vorgaben der KfW sind die Gebäude konform zu den KfW-Förderstandards einwickelt worden.

Abweichend von den Randbedingungen der DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 sind die Nutzerprofile danach in Anlehnung an die Nutzerprofile für Passivhäuser angepasst worden – und zwar für alle Gebäude und Varianten. Dadurch ist eine Vergleichbarkeit der Varianten untereinander gegeben. Unter Berücksichtigung der örtlichen Klimadaten wie auch eines abweichenden Nutzerverhaltens können Verbrauchswerte von den hier ermittelten Bedarfswerten abweichen.

2 Anforderungen aus den Förderprogrammen

2.1 Anforderungen aus der EnEV

(1) Zu errichtende Wohngebäude sind so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung mit der in Anlage 1 Tabelle 1 angegebenen technischen Referenzausführung nicht überschreitet.

(2) Zu errichtende Wohngebäude sind so auszuführen, dass die Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts ($H_{T'}$) nach Anlage 1 Tabelle 2 nicht überschritten werden.

2.2 KfW-Effizienzhaus und Passivhaus

Die Zahl nach dem Begriff KfW-Effizienzhaus gibt an, wie hoch der Jahresprimärenergiebedarf (Q_p) in Relation (%) zu einem vergleichbaren Referenzgebäude nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) sein darf.

KfW-Effizienzhaus (Neubau)

Anforderung relativ zum Referenzgebäude	70	55*	40*
Q_p	70%	55%	40%
H_T	85%	70%	55%
Tilgungszuschuss		5,0%	10,0%

Gleichzeitig darf der Transmissionswärmeverlust nicht höher sein als nach Tabelle 2 der Anlage 1 der EnEV 2009 zulässig.

*) KfW-Effizienzhaus 55 und 40 erfordern Planung und Baubegleitung durch einen Sachverständigen.

Passivhaus: Gefördert werden in der Programmvariante KfW-Effizienzhaus55 auch Gebäude, deren Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p) und Jahres-Heizwärmebedarf (Q_h) nach dem Passivhaus Projektierungspaket (PHPP) durch einen Sachverständigen nachgewiesen werden. Voraussetzung für eine Förderung ist, dass der Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p) nicht mehr als 40 kWh pro m² Gebäudenutzfläche (A_N) und der Jahres-Heizwärmebedarf (Q_h) nach PHPP nicht mehr als 15 kWh pro m² Wohnfläche betragen.

2.3 Entwicklung der KfW-Effizienzhaus-Standards

Für jedes der 3 Gebäude wurden 11 Varianten entwickelt (die fettgedruckten Kürzel in der Matrix stehen nachfolgend für den jeweiligen **Variantennamen**):

Anlagentechnik → Energienstandard ↓	Gas-Brennwert + FBH		Pelletkessel Solaranlage TW + H DIN- Standardwerte	Pelletkessel Solaranlage TW + H 60% solarer Deckungsanteil
	+ Solaranlage TW+H	PH-Hülle		
KfW-Effizienzhaus 70	KfW-EH70 Gas-Solar	KfW-EH70 Gas-PH	KfW-EH70 Pellet-Solar	KfW-EH70 Pellet-Solar60
KfW-Effizienzhaus 55	KfW-EH55 Gas-Solar	KfW-EH55 Gas-PH	KfW-EH55 Pellet-Solar	KfW-EH55 Pellet-Solar60
Passivhaus nach PHPP	PH		PH Pellet-Solar	PH Pellet-Solar60

Um die Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus mit Gasheizung zu erreichen, wurden alternativ 2 Ansätze gewählt:

1. Vergrößerung der Solaranlage zur Erhöhung des solaren Deckungsanteils bei vorgegebenem H_T
2. thermische Qualität der Gebäudehülle auf Passivhausniveau und „zurückfahren“ der Anlagentechnik

Mit beiden Strategien ist es prinzipiell möglich, die Anforderungen an KfW-Effizienzhaus 70 (KfW-EH70) wie auch KfW-EH55 zu erreichen.

Mit einem Wärmebrückenzuschlag von 0,05 W/m²K erreichen die nachfolgend beschriebenen Baukonstruktionen die jeweiligen KfW-Effizienzhaus-Standards, die Passivhauskonstruktionen wurden wärmebrückenfrei angesetzt.

Das Passivhaus wurde mit dem PHPP entwickelt und erfüllt die Passivhausanforderungen der KfW.

3 Gebäudebeschreibung

Die 3 untersuchten Gebäude werden in den relevanten Kenndaten kurz beschreiben:

		EFH	DHH	MFH (12 WE)
Bruttovolumen V_e	[m ³]	663,8	749	5.158,3
Gebäudenutzfläche A_N	[m ²]	212,4	239,7	1507,4
wärmeübertragende Umfassungsfläche A	[m ²]	475,6	402,9	2.373,2
Fensterflächenanteil $A_F/(A_{AW} + A_F)$	[%]	16	17	25

Parameter für alle Gebäude:

- Gebäudedichtheit geprüft
- Zentralheizung mit Fußbodenheizung
- zentrale WW-Bereitung (im MFH mit Zirkulation, Pumpe 25 W)
- die Passivhäuser sind mit Lüftungsanlagen mit WRG ausgestattet ($\eta'_{WRG} = 0,95$, $P_{el,vent} = 0,43 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$); EFH/DHH: zentrale Lüftungsanlage mit Erdreichwärmetauscher EWT; MFH: wohnungszentrale Lüftungsanlagen ohne EWT
- wenn Deckungsrate angegeben (Solare Deckungsrate $SD = XX \%$), dann wurde die Solaranlage mit Polysun simuliert; ansonsten Solaranlagen mit Standardwerten der DIN V 4701-10; alle Solaranlagen mit Flachkollektoren
- Pelletkessel mit detaillierten Kennwerten
 $\eta = 0,92$; EFH/DHH: $P_{el,SB} = 60 \text{ W}$, $Q_{HE,GZ} = 100 \text{ Wh}$;
 MFH: $P_{el,SB} = 300 \text{ W}$, $Q_{HE,GZ} = 500 \text{ Wh}$
- Heizungsumwälzpumpe Klasse A geregelt; EFH/DHH $P = 20 \text{ W}$, MFH $P = 120 \text{ W}$
- Laufzeit der Kombispeicherladepumpe in Abhängigkeit von Brennstoffbedarf und Kesselnennleistung: $t_{Pumpe} = (Q_E / \text{Kesselnennleistung}) \times 1,2$
- Bei Solaranlagen mit 60% solarer Deckungsrate: Solarpumpenleistung EFH/DHH 60 W; MFH 250 W
- ansonsten Standard-Werte aus DIN V 4701-10

Abkürzungen in der Gebäudebeschreibung:

- Solaranlage TW + H: Solarkombianlage für Trinkwarmwasser und Heizung
- Solar TW: Solaranlage für Trinkwarmwasser
- $A_{kollektor}$ = Bruttokollektorfläche, A_C = Kollektoraperturfläche
- SD XX%: Solare Deckungsrate in % insgesamt für TW und H

- KfW-EH: KfW-Effizienzhaus
- PH: Passivhaus
- PH-Hülle: Gebäudehülle wie beim Passivhaus

4 Variantenbeschreibung

Für jedes der 3 Gebäude wurden 11 Varianten entwickelt. Die fettgedruckten Kürzel in der Matrix stehen nachfolgend für den jeweiligen **Variantenamen**. Darunter stehen die thermischen Qualitäten der Gebäudehülle sowie die Größe der Solaranlage.

4.1 Einfamilienhaus EFH

Anlagentechnik → Energiesstandard↓	Gas-Brennwert		Pelletkessel Solaranlage TW + H	Pelletkessel Solaranlage TW + H 60% solarer Deckungsanteil
	+ Solaranlage TW+H	PH-Hülle		
KfW-Effizienzhaus 70	KfW-EH70 Gas-Solar (A) (B) (C) $A_c = 11,7 \text{ m}^2$ (70°)	KfW-EH70 Gas-PH (A') (B') (C') keine Solar- anlage	KfW-EH70 Pellet-Solar (A) (B) (C) $A_c = 11,7 \text{ m}^2$ (70°)	KfW-EH70 Pellet-Solar60 (A) (B) (C) SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 36 \text{ m}^2$ (70°) $V_{\text{speicher}} = 7,3 \text{ m}^3$
KfW-Effizienzhaus 55	KfW-EH55 Gas-Solar (A) (B) (C') $A_c = 11,7 \text{ m}^2$ (70°)	KfW-EH55 Gas-PH (A') (B') (C') + Solar TW $A_c = 6,5 \text{ m}^2$ (70°)	KfW-EH55 Pellet-Solar (A) (B) (C') $A_c = 11,7 \text{ m}^2$ (70°)	KfW-EH55 Pellet-Solar60 (A) (B) (C') SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 27 \text{ m}^2$ (70°) $V_{\text{speicher}} = 5,3 \text{ m}^3$
Passivhaus nach PHPP	PH (A') (B') (C') $A_c = 11,7 \text{ m}^2$ (70°)		PH Pellet-Solar (A') (B') (C') $A_c = 11,7 \text{ m}^2$ (70°)	PH Pellet-Solar60 (A') (B') (C') SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 16 \text{ m}^2$ (70°) $V_{\text{speicher}} = 1,5 \text{ m}^3$

(A) Außenwand: $U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$

(A') Außenwand: $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

(B) Außenwand gegen Erdreich: $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

(B') Außenwand gegen Erdreich: $U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

(C) Fenster $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,6$

(C') Fenster Nord: $U_w = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0,5$;

Fenster Süd, Ost, West: $U_w = 0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0,61$

Dach: $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bodenplatte $U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

Solaranlage nach Süd, Neigung 70° (wenn solare Deckungsrate angegeben (SD = XX %), dann wurde die Solaranlage mit Polysun simuliert; ansonsten Solaranlagen mit Standardwerten der DIN V 4701-10);

4.2 Doppelhaushälfte DHH

Anlagentechnik → Energiesstandard ↓	Gas-Brennwert		Pelletkessel Solaranlage TW + H	Pelletkessel Solaranlage TW + H 60% solarer Deckungsanteil
	+ Solaranlage TW+H	PH-Hülle		
KfW-Effizienzhaus 70	KfW-EH70 Gas-Solar (A) (B) (C) (D) (E) SD = 30% $A_{\text{kollektor}} = 12 \text{ m}^2 (50^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 0,8 \text{ m}^3$	KfW-EH70 Gas-PH (A') (B') (C') (D') (E') + Solar TW $A_c = 7,2 \text{ m}^2 (90^\circ)$	KfW-EH70 Pellet-Solar (A) (B) (C) (D) (E) $A_c = 13 \text{ m}^2 (90^\circ)$	KfW-EH70 Pellet-Solar60 (A) (B) (C) (D) (E) SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 38 \text{ m}^2 (90^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 3,6 \text{ m}^3$
KfW-Effizienzhaus 55	KfW-EH55 Gas-Solar (A) (B) (C) (D) (E) SD = 40% $A_{\text{kollektor}} = 14 \text{ m}^2 (50^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 1,0 \text{ m}^3$	KfW-EH55 Gas-PH (A') (B') (C') (D') (E') SD = 30% $A_{\text{kollektor}} = 10 \text{ m}^2 (50^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 0,8 \text{ m}^3$	KfW-EH55 Pellet-Solar (A) (B) (C) (D) (E) $A_c = 13 \text{ m}^2 (90^\circ)$	KfW-EH55 Pellet-Solar60 (A) (B) (C) (D) (E) SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 32 \text{ m}^2 (90^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 2,7 \text{ m}^3$
Passivhaus nach PHPP	PH (A') (B') (C') (D') (E') $A_c = 13 \text{ m}^2 (90^\circ)$		PH Pellet-Solar (A') (B') (C') (D') (E') $A_c = 13 \text{ m}^2 (90^\circ)$	PH Pellet-Solar60 (A') (B') (C') (D') (E') SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 17 \text{ m}^2 (60^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 1,3 \text{ m}^3$

(A) Außenwand: $U = 0,18$ bis $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$

(A') Außenwand: $U = 0,14$ bis $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

(B) Außenwand gegen Erdreich: $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$

(B') Außenwand gegen Erdreich: $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

(C) Fenster $U_w = 1,2$ bis $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,6$

(C') Fenster: $U_w = 0,8$ bis $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,55$

(D) Dach: $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

(D') Dach: $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

(E) Bodenplatte $U = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$

(E') Bodenplatte $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

Solaranlage nach Süd; kleinere Solarflächen an Fassade schräggestellt oder Fassaden-Integration (wenn solare Deckungsrate angegeben (SD = XX %), dann wurde die Solaranlage mit Polysun simuliert; ansonsten Solaranlagen mit Standardwerten der DIN V 4701-10)

4.3 Mehrfamilienhaus MFH (12 WE)

Anlagentechnik → Energiesstandard ↓	Gas-Brennwert		Pelletkessel Solaranlage TW + H	Pelletkessel Solaranlage TW + H 60% solarer Deckungsanteil
	+ Solaranlage TW+H	PH-Hülle		
KfW-Effizienzhaus 70	KfW-EH70 Gas-Solar (A) (B) (C) (D) (E) SD = 35% $A_{\text{kollektor}} = 110 \text{ m}^2 (60^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 15 \text{ m}^3$	KfW-EH70 Gas-PH (A') (B') (C') (D') (E') + Solar TW $A_c = 31,4 \text{ m}^2 (60^\circ)$	KfW-EH70 Pellet-Solar (A) (B) (C) (D) (E) $A_c = 56,5 \text{ m}^2 (60^\circ)$	KfW-EH70 Pellet-Solar60 (A) (B) (C) (D) (E) SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 270 \text{ m}^2 (60^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 60 \text{ m}^3$
KfW-Effizienzhaus 55	KfW-EH55 Gas-Solar (A) (B) (C') (D) (E) SD = 40% $A_{\text{kollektor}} = 100 \text{ m}^2 (60^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 15 \text{ m}^3$	KfW-EH55 Gas-PH (A') (B') (C') (D') (E') + Solar TW+H $A_c = 56,5 \text{ m}^2 (60^\circ)$	KfW-EH55 Pellet-Solar (A) (B) (C') (D) (E) $A_c = 56,5 \text{ m}^2 (60^\circ)$	KfW-EH55 Pellet-Solar60 (A) (B) (C') (D) (E) SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 215 \text{ m}^2 (60^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 50 \text{ m}^3$
Passivhaus nach PHPP		PH (A') (B') (C') (D') (E') + Solar TW $A_c = 31,4 \text{ m}^2 (60^\circ)$	PH Pellet-Solar (A') (B') (C') (D') (E') $A_c = 56,5 \text{ m}^2 (60^\circ)$	PH Pellet-Solar60 (A') (B') (C') (D') (E') SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 100 \text{ m}^2 (60^\circ)$ $V_{\text{speicher}} = 15 \text{ m}^3$

(A) Außenwand: $U = 0,15$ bis $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

(A') Außenwand: $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

(B) Dachaufgang Innenwand: $U = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

(B') Dachaufgang Innenwand: $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

(C) Fenster $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,6$

(C') Fenster: $U_w = 0,74$ bis $0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,61$

(D) Dach Eingang/Erker: $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

(D') Dach Eingang/Erker: $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

(E) Decke Erker unten $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

(E') Decke Erker unten $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kellerdecke $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Decke OG $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Passivhaus mit außenliegendem Kellerabgang, sonst innenliegend

Solaranlage nach Süd, aufgeständert auf Dach, Neigung 60° (wenn solare Deckungsrate angegeben (SD = XX %), dann wurde die Solaranlage mit Polysun simuliert; ansonsten Solaranlagen mit Standardwerten der DIN V 4701-10)

5 Ergebnisse

Nach den Vorgaben der KfW sind die Gebäude konform zu den KfW-Förderstandards einwickelt worden. Allen Berechnungen zugrunde liegen die Randbedingungen aus der EnEV in Verbindung mit DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10. D.h. die Gebäude erfüllen die KfW-Effizienzhaus Anforderungen. Die nachfolgend dargestellten Energiekennzahlen weichen jedoch aufgrund der geänderten Randbedingungen von den nach EnEV-Randbedingungen ermittelten Werten ab.

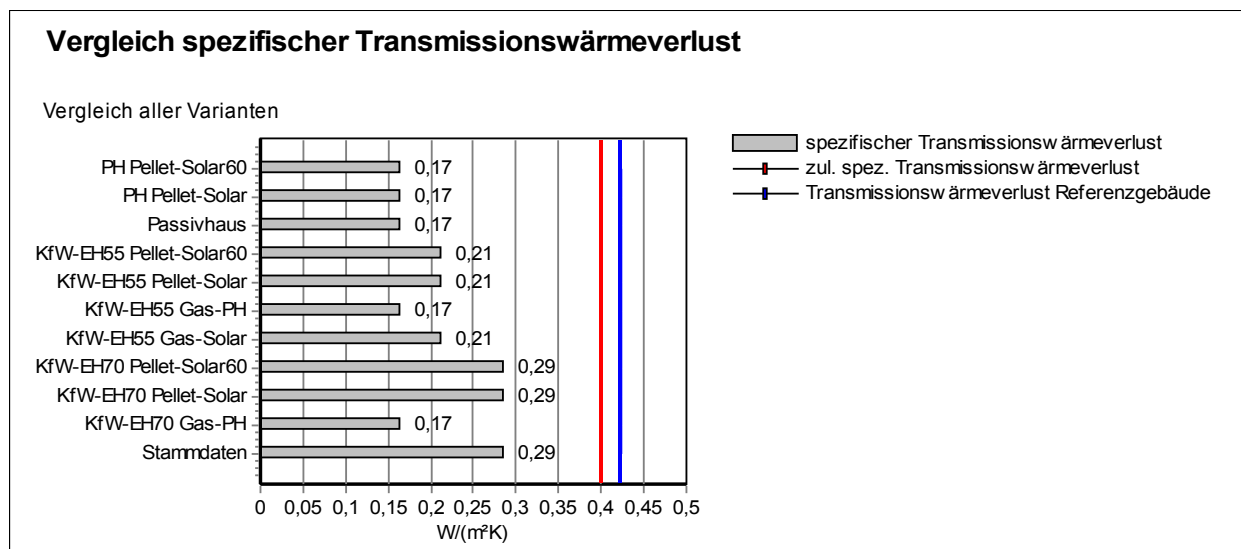
Abweichend von den Randbedingungen der DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 sind die Nutzerprofile für die nachfolgende Ergebnisdarstellung in Anlehnung an die Nutzerprofile für Passivhäuser **angepasst** worden – und zwar für **alle** Gebäude und Varianten:

- Gebäudedichtheit geprüft, $n_{50} = 0,5 \text{ h}^{-1}$
 - Luftwechselrate EFH/DHH: $n = 0,343 \text{ h}^{-1}$
 - Luftwechselrate MFH: $n = 0,407 \text{ h}^{-1}$
- interne Wärmegewinne $2,1 \text{ W/m}^2$ Wohnfläche
- Raumtemperatur 20°C , keine Nachtabsenkung
- wärmebrückenfreie Konstruktion (kein Wärmebrückenzuschlag)

Dadurch bleibt die Vergleichbarkeit der Varianten untereinander gegeben. Insbesondere die hohen internen Gewinne von 5 W/m^2 aus der DIN 4108-6 würden ansonsten bei hocheffizienten Gebäuden zu unsinnigen Ergebnissen führen.

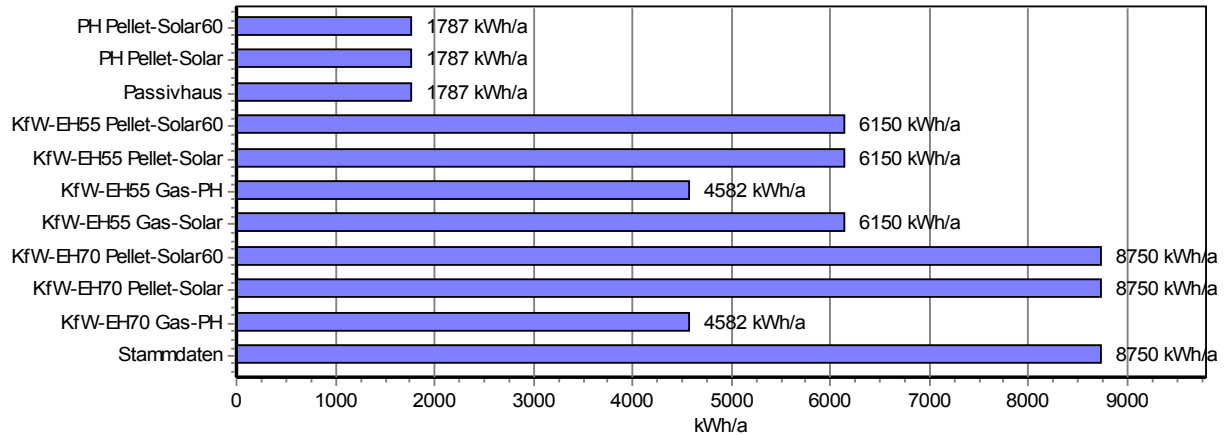
Hinweis: In den nachfolgenden Graphiken stehen die „**Stammdaten**“ immer für das „**KfW-EH70 Gas-Solar**“.

5.1 Einfamilienhaus EFH



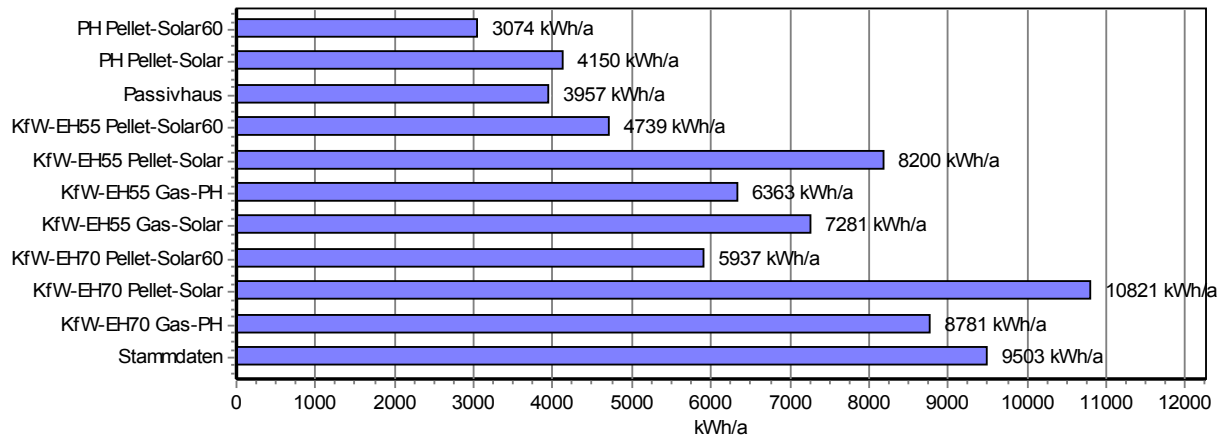
Heizwärmebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



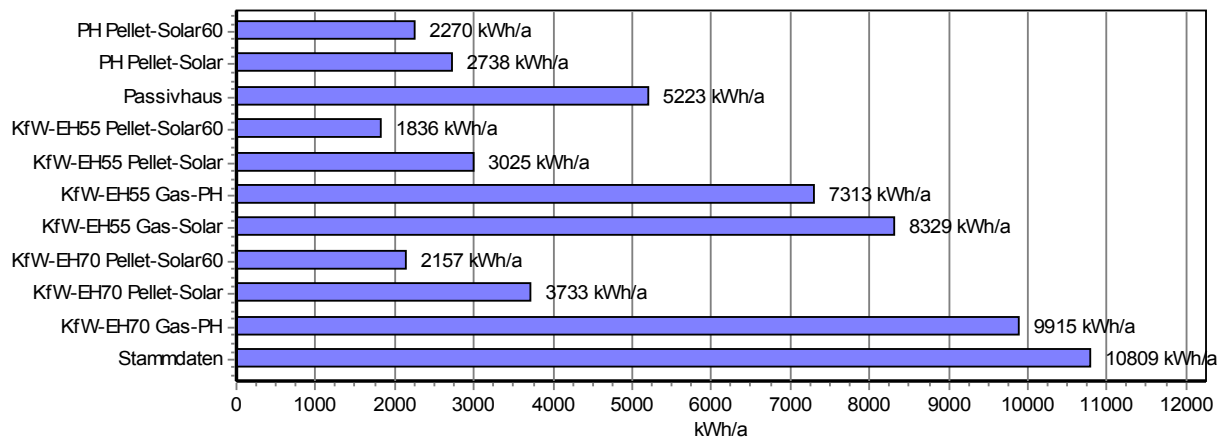
Endenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Primärenergiebedarf aller Maßnahmen

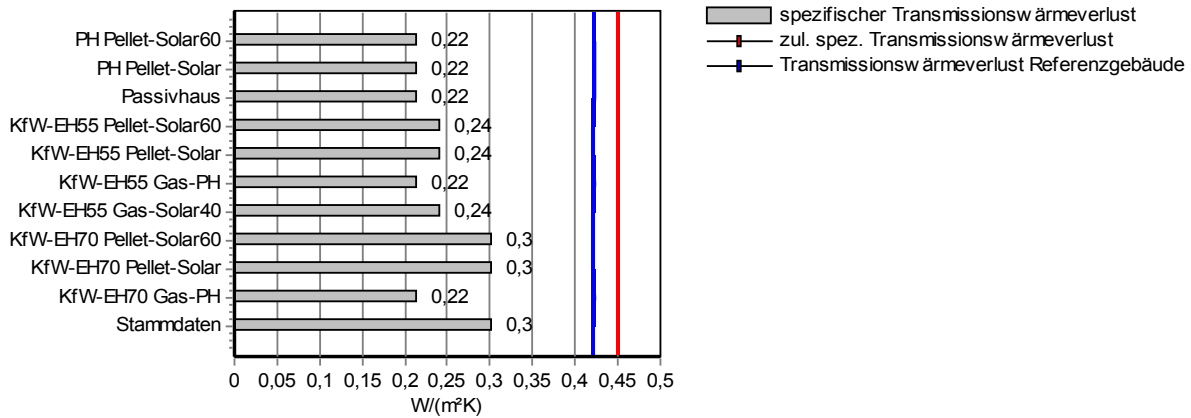
Vergleich aller Varianten



5.2 Doppelhaushälfte DHH

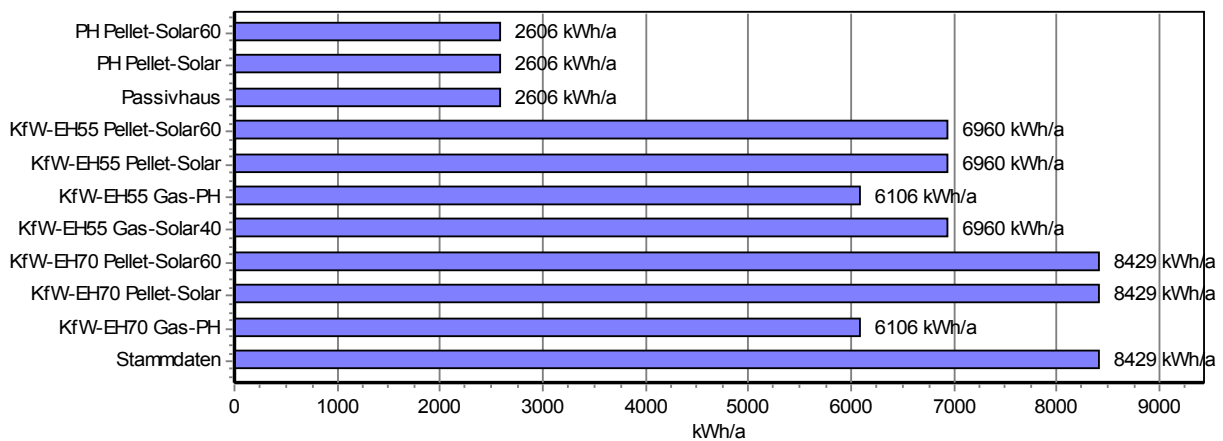
Vergleich spezifischer Transmissionswärmeverlust

Vergleich aller Varianten



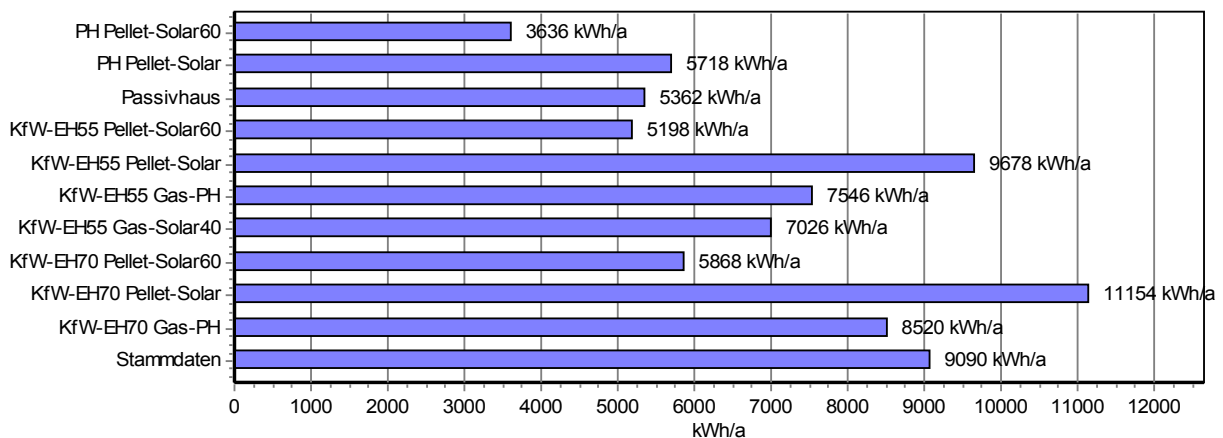
Heizwärmebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



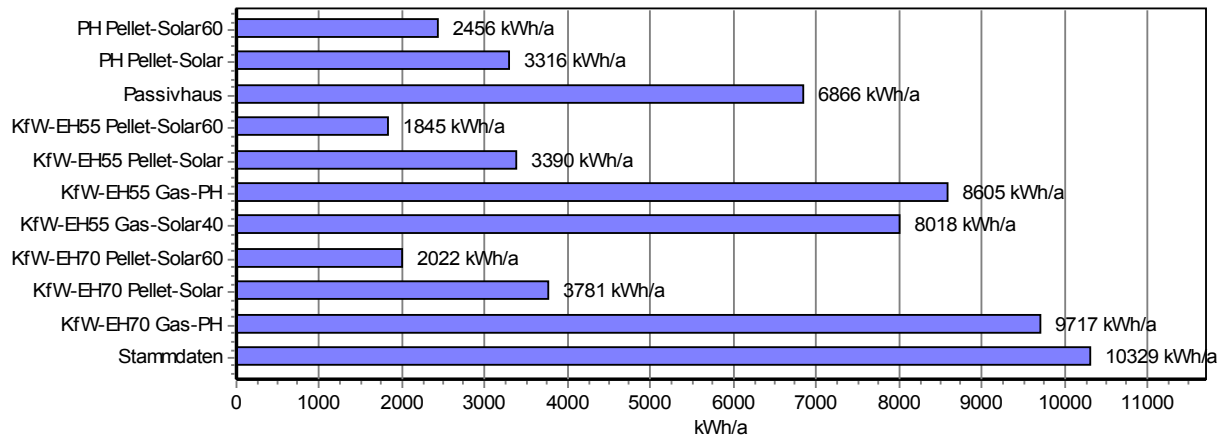
Endenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Primärenergiebedarf aller Maßnahmen

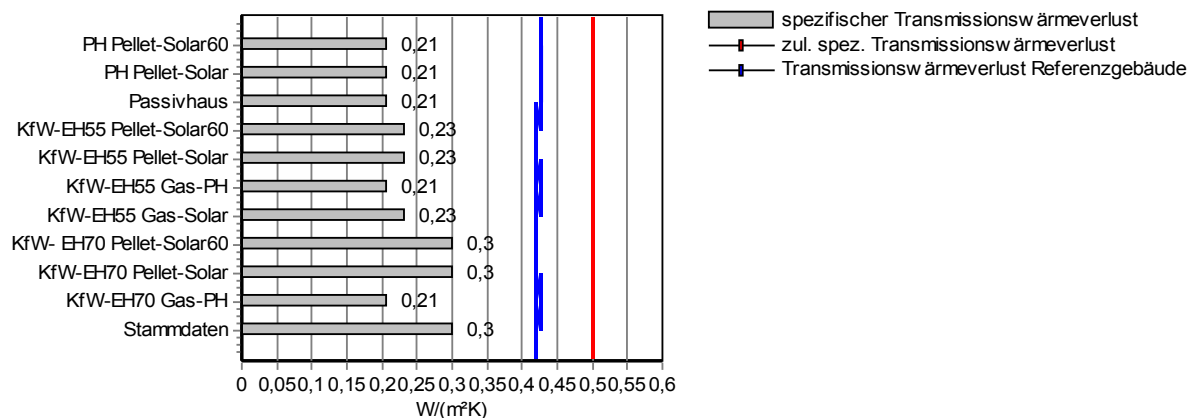
Vergleich aller Varianten



5.3 Mehrfamilienhaus MFH

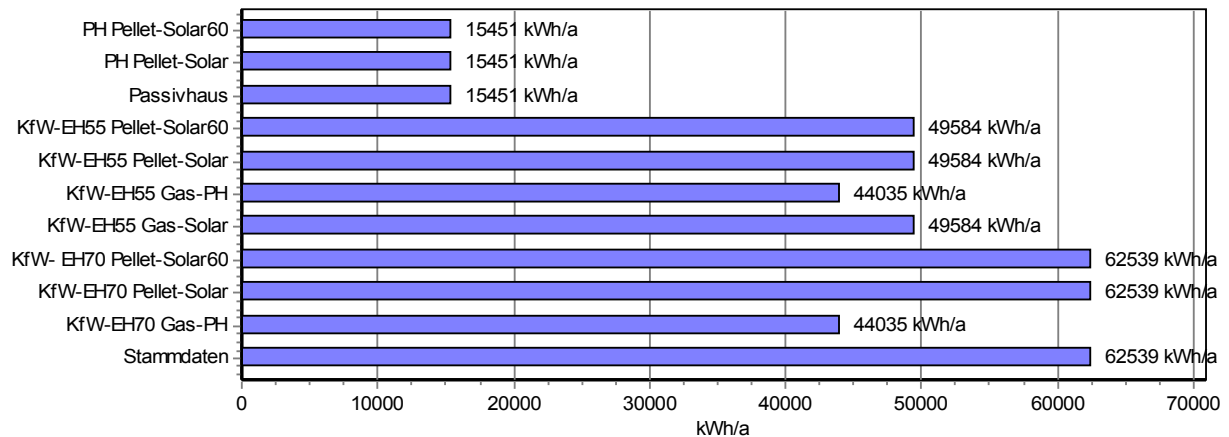
Vergleich spezifischer Transmissionswärmeverlust

Vergleich aller Varianten



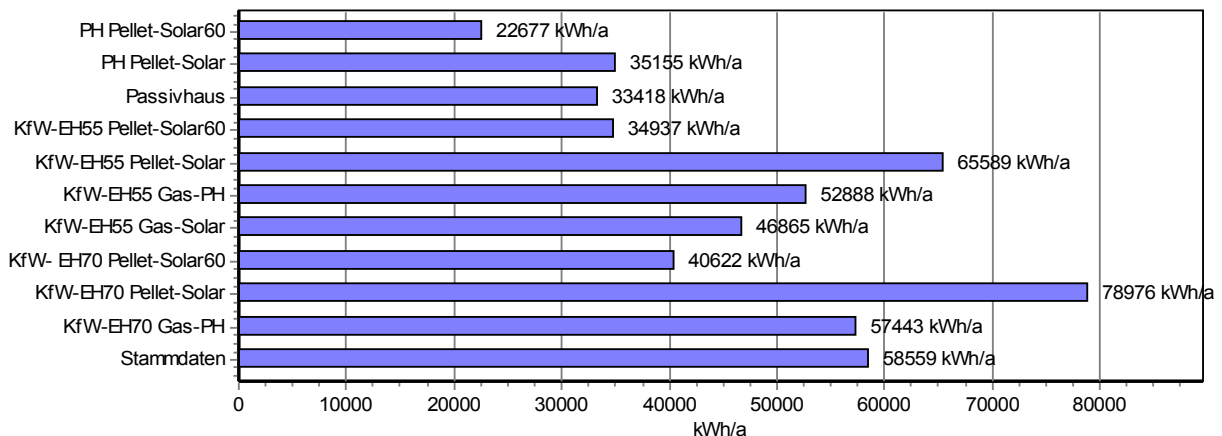
Heizwärmebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



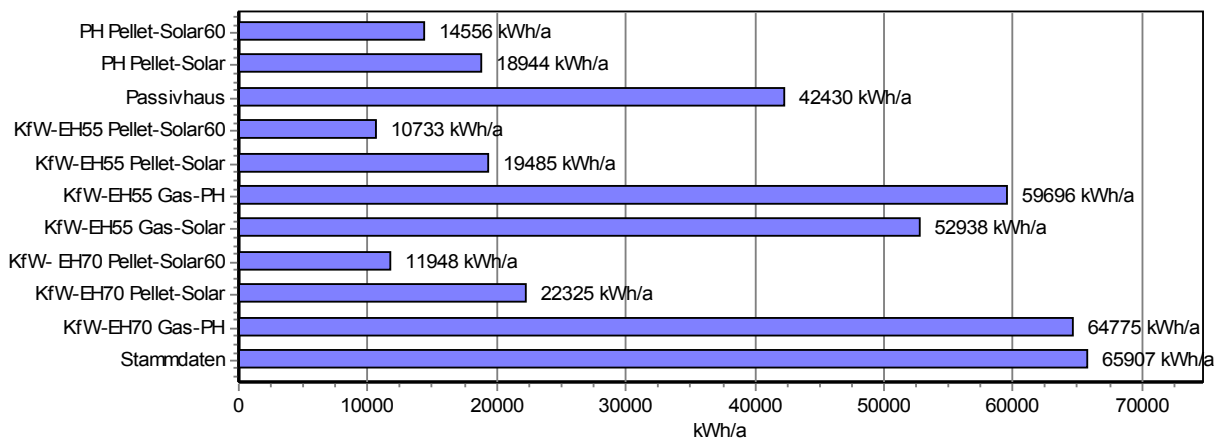
Endenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Primärenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



6 Fazit zur Berechnung

Zur Berechnung des Primärenergiebedarfes und die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ist es entscheidend, die Hilfsenergien für Lüftungsanlage, Pumpen und Pelletkessel nicht mit den Standardwerten der DIN V 4701-10 zu ermitteln, sondern Herstellerkennwerte heranzuziehen. Das Gleiche gilt für die Wirkungsgrade der Pelletkessel; Pelletkessel, deren Parameter so schlecht sind wie die DIN-Standardwerte, sind am Markt gar nicht erhältlich.

Der DIN-Standardwert für solare Heizungsunterstützung ist 10% solarer Deckungsanteil. Um höhere solare Deckungsanteile nachzuweisen (bei großen Solaranlagen), ist eine Simulation notwendig. Eine saubere Schnittstellendefinition zwischen Solarsimulation und EnEV-Berechnungen nach DIN 4701-10/4108-6 (ebenso für DIN V 18599) steht noch aus und sollte dringend erarbeitet werden.