

Energiestandards – KfW-Effizienzhaus, Passivhaus und Gebäude mit hohem solaren Deckungsanteil im Vergleich

Kurzstudie

Auftraggeber: Sonnenhaus-Institut e.V.
Achenfeldweg 1
D-83259 Schleching
www.sonnenhaus-institut.de

Bearbeiter: Dipl.-Phys. Klaus Lambrecht, Dipl.-Ing. Architekt Uli Jungmann
ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft

Datum: **15. Juni 2011**

ECONSULT

Lambrecht Jungmann
Partnerschaft
Physiker und Ingenieur

Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg

+49 (0)7457 / 91933

+49 (0)7457 / 91935

info@solaroffice.de

www.solaroffice.de

Registergericht Stuttgart
PR 720052

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen.....	3
2	Aufgabenstellung.....	3
3	Anforderungen aus den Förderprogrammen.....	5
3.1	Anforderungen aus der EnEV.....	5
3.2	KfW-Effizienzhaus und Passivhaus.....	5
3.3	Entwicklung der KfW-Effizienzhaus-Standards.....	6
4	Gebäudebeschreibung.....	8
5	Variantenbeschreibung.....	9
5.1	Einfamilienhaus EFH.....	9
5.2	Doppelhaushälfte DHH.....	10
5.3	Mehrfamilienhaus MFH (12 WE).....	11
6	Eingangsparameter für die Wirtschaftlichkeits- betrachtung.....	12
7	Ergebnisse.....	12
7.1	Einfamilienhaus EFH.....	13
7.2	Doppelhaushälfte DHH.....	17
7.3	Mehrfamilienhaus MFH.....	21
7.4	Weiter Stellschrauben.....	30
8	Fazit und Vorschlag für die Fördersystematik.....	30

1 Vorbemerkungen

Die vorliegenden Ergebnisse sind Simulationsresultate, die nur unter den angegebenen Randbedingungen Gültigkeit haben. Der tatsächliche Energieverbrauch und das thermische Gebäudeverhalten können von den Berechnungsergebnissen abweichen. 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 Aufgabenstellung

Berechnungen von

- 3 Gebäudetypen:
 - (A) freistehendes Einfamilienhaus (EFH),
 - (B) Doppelhaushälfte,
 - (C) freistehendes Mehrfamilienhaus (MFH)
- 3 Standards:
 - (1) KfW-Effizienzhaus 70 sowie
 - (2) KfW-Effizienzhaus 55 nach DIN 4108,
 - (3) Passivhaus nach PHPP
- 4 Anlagentechniken:
 - (a) FBH mit Gas-Brennwert,
 - (b) Solaranlage Standard-Deckungsanteil nach DIN V 4701-10 mit Pelletheizung,
 - (c) Solaranlage 60% Deckungsanteil mit Pelletofen
 - (d) Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung im Passivhaus

Nur Solaranlage wird dynamisch simuliert (Simulationsprogramm Polysun).
Randbedingungen nach EnEV 2009 zur Entwicklung der KfW-Effizienzhaus-Standards.

Insgesamt werden 27 Varianten berechnet und bewertet.

Dabei wird das jeweilige Gebäude so optimiert, dass dieses die o.g. Energiestandards erreicht.

Die Ergebnisse werden für die Energiestandards jeweils in folgender Differenzierung dargestellt für jeden der 3 Gebäudetypen:

1. spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T'
2. Jahres-Primärenergiebedarf q_P

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

3. Jahres-Heizwärmebedarf q_h
4. Jahres-Endenergiebedarf q_E
5. Energiekosten heute und prognostiziert für 20 Jahre
6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067
7. Förderstandard

Unsere Leistungen umfassen folgende Arbeitsschritte:

1. Abstimmung;
2. Datenaufnahme und Erfassung der Gebäude auf Basis aktueller Pläne und Angaben des AG;
3. Berechnung des Energiebedarfs in den Randbedingungen der EnEV nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10 und dynamischer Simulation der Solaranlage; Berechnung nach PHPP

Luftvolumen, Wärmekapazität, Wärmebrücken und Verschattung des Gebäudes werden pauschal angesetzt. Die Anlagentechnik wird mit Standardwerten nach DIN 4701-10 berechnet, soweit vom Auftraggeber keine anderen Werte zur Verfügung gestellt werden.
4. Optimierung der 3 Gebäude zur jeweiligen Erreichung der 3 Standards; dabei werden wir folgende Parameter variieren:
 - U-Werte Wand/Dach/Boden/Verglasung
 - g-Wert der Verglasung
 - Anlagentechnik:
Heizungsanlage mit Gas- bzw. Holzheizung und Solaranlage;
Trinkwarmwasseranlage, Lüftungsanlage
5. Dokumentation der Ergebnisse einschließlich aussagekräftiger Graphiken in einem Kurzbericht;
6. Vorschläge zur Fördersystematik (KfW, MAP erneuerbare Energien);
7. Vorstellung der Ergebnisse aus den Berechnungen.

Folgende Unterlagen wurden vom Auftraggeber geliefert:

- Pläne (EFH, MFH)
- Dokumentationen zur Gebäudekonstruktion (EFH, MFH)
- Dokumentationen zur Anlagentechnik (EFH, MFH)
- Investitionskosten
- Energiebezugskosten für verwendete Energieträger

3 Anforderungen aus den Förderprogrammen

3.1 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.

3.2 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.

3.3 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 → Energiesstandard↓	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 „zurück-fahren“ 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 $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ 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.

3.3.1 Einfamilienhaus EFH

Anforderungen

zulässiger spezifischen Transmissionswärmeverlusts (H_T') gem. EnEV	0,40 W/(m ² K)
zulässiger Primärenergiebedarf (Referenzgebäude) Q_p'' gem. EnEV:	75,4 kWh/(m ² a)
spezifischer Transmissionswärmeverlust Referenzgebäude H_T' :	0,423 W/(m ² K)

KfW Effizienzhaus 70 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,85 * 0,423 =$	0,359 W/(m ² K)
Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,70 * 75,4 =$	52,7 kWh/(m ² a)

KfW Effizienzhaus 55 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,7 * 0,423 =$	0,296 W/(m ² K)
Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,55 * 75,4 =$	41,4 kWh/(m ² a)

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

KfW Effizienzhaus 40 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,55 * 0,423 = 0,233 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,40 * 75,4 = 30,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

3.3.2 Doppelhaushälfte DHH

Anforderungen

zulässiger spezifischen Transmissionswärmeverlusts (H_T') gem. EnEV $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 zulässiger Primärenergiebedarf (Referenzgebäude) Q_p'' gem. EnEV: $62,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 spezifischer Transmissionswärmeverlust Referenzgebäude H_T' : $0,421 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

KfW Effizienzhaus 70 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,85 * 0,421 = 0,358 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,70 * 62,6 = 43,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

KfW Effizienzhaus 55 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,70 * 0,421 = 0,295 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,55 * 62,6 = 34,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

KfW Effizienzhaus 40 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,55 * 0,421 = 0,232 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,40 * 62,6 = 25,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

3.3.3 Mehrfamilienhaus MFH

Anforderungen

zulässiger spezifischen Transmissionswärmeverlusts (H_T') gem. EnEV $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 zulässiger Primärenergiebedarf (Referenzgebäude) Q_p'' gem. EnEV: $62,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 spezifischer Transmissionswärmeverlust Referenzgebäude H_T' : $0,420 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

KfW Effizienzhaus 70 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,85 * 0,420 = 0,357 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,70 * 62,7 = 43,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

KfW Effizienzhaus 55 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,70 * 0,420 = 0,294 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,55 * 62,7 = 34,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

KfW Effizienzhaus 40 (EnEV 2009)

Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T' : $0,55 * 0,420 = 0,231 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 Höchstwert des Primärenergiebedarfes Q_p'' : $0,40 * 62,7 = 25,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

4 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

5 Variantenbeschreibung

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

5.1 Einfamilienhaus EFH

Anlagentechnik → Energiestandard↓	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);

5.2 Doppelhaushälfte DHH

Anlagentechnik → Energierstandard↓	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)

5.3 Mehrfamilienhaus MFH (12 WE)

Anlagentechnik → Energiestandard↓	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 m ² (60°) $V_{\text{speicher}} = 15 \text{ m}^3$	KfW-EH70 Gas-PH (A') (B') (C') (D') (E') + Solar TW $A_{\text{c}} = 31,4 \text{ m}^2$ (60°)	KfW-EH70 Pellet-Solar (A) (B) (C) (D) (E) $A_{\text{c}} = 56,5 \text{ m}^2$ (60°)	KfW-EH70 Pellet-Solar60 (A) (B) (C) (D) (E) SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 270 \text{ m}^2$ (60°) $V_{\text{speicher}} = 60 \text{ m}^3$
KfW-Effizienzhaus 55	KfW-EH55 Gas-Solar (A) (B) (C') (D) (E) SD = 40% $A_{\text{kollektor}} =$ 100 m ² (60°) $V_{\text{speicher}} = 15 \text{ m}^3$	KfW-EH55 Gas-PH (A') (B') (C') (D') (E') + Solar TW+H $A_{\text{c}} = 56,5 \text{ m}^2$ (60°)	KfW-EH55 Pellet-Solar (A) (B) (C') (D) (E) $A_{\text{c}} = 56,5 \text{ m}^2$ (60°)	KfW-EH55 Pellet-Solar60 (A) (B) (C') (D) (E) SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 215 \text{ m}^2$ (60°) $V_{\text{speicher}} = 50 \text{ m}^3$
Passivhaus nach PHPP		PH (A') (B') (C') (D') (E') + Solar TW $A_{\text{c}} = 31,4 \text{ m}^2$ (60°)	PH Pellet-Solar (A') (B') (C') (D') (E') $A_{\text{c}} = 56,5 \text{ m}^2$ (60°)	PH Pellet-Solar60 (A') (B') (C') (D') (E') SD = 60% $A_{\text{kollektor}} = 100 \text{ m}^2$ (60°) $V_{\text{speicher}} = 15 \text{ m}^3$

(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 $U_{\text{w}} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,6$

(C') Fenster: $U_{\text{w}} = 0,74$ 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)

ECONSULT

Lambrecht Jungmann
Partnerschaft
Physiker und Ingenieur

Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg

+49 (0)7457 / 91933

+49 (0)7457 / 91935

info@solaroffice.de

www.solaroffice.de

Registergericht Stuttgart
PR 720052

6 Eingangsparmeter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Energiekosten:

Gas 0,065 EUR/kWh H_i + 144 EUR/a

Pellets 0,26 EUR/kg

Strom 0,22 EUR/kWh + 72 EUR/a

Energiepreissteigerung 8% p.a. sowie alternativ 4% p.a.

Nutzungsdauer 20 Jahre

Zins Kredit 4%, Kreditlaufzeit 10 Jahre

Wartungskosten (bezogen auf die Investitionskosten):

Gasheizung 1% p.a.

Solaranlage 0,5 bis 1% p.a. in Abhängigkeit der Anlagengröße

Pelletsheizung, Lüftungsanlage mit WRG 2% p.a.

Preissteigerung Wartungskosten 3% p.a.

Die **Investitionskosten** sind die **energetisch bedingten Mehrkosten bezüglich der Basis-Variante** (Stammdaten = KfW-Effizienzhaus 70 mit Gasbrennwertheizung und Solaranlage für Trinkwarmwasser und Heizung nach DIN-Standardwerten).

Die baulichen Kosten für den Raum wurden nicht betrachtet.

Keine Berücksichtigung von Förderung. Exemplarisch beim MFH wurden die KfW-Förderprogramme Energieeffizient Bauen und Erneuerbare Energien Premium betrachtet.

7 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.

ECONSULT

Lambrecht Jungmann
Partnerschaft
Physiker und Ingenieur

Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg

+49 (0)7457 / 91933

+49 (0)7457 / 91935

info@solaroffice.de

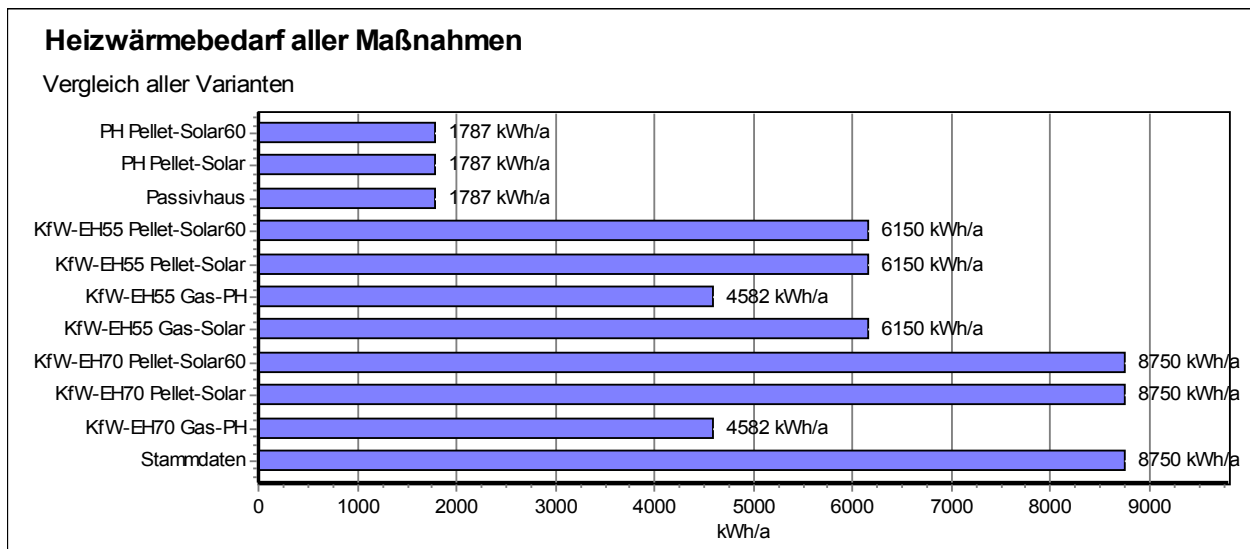
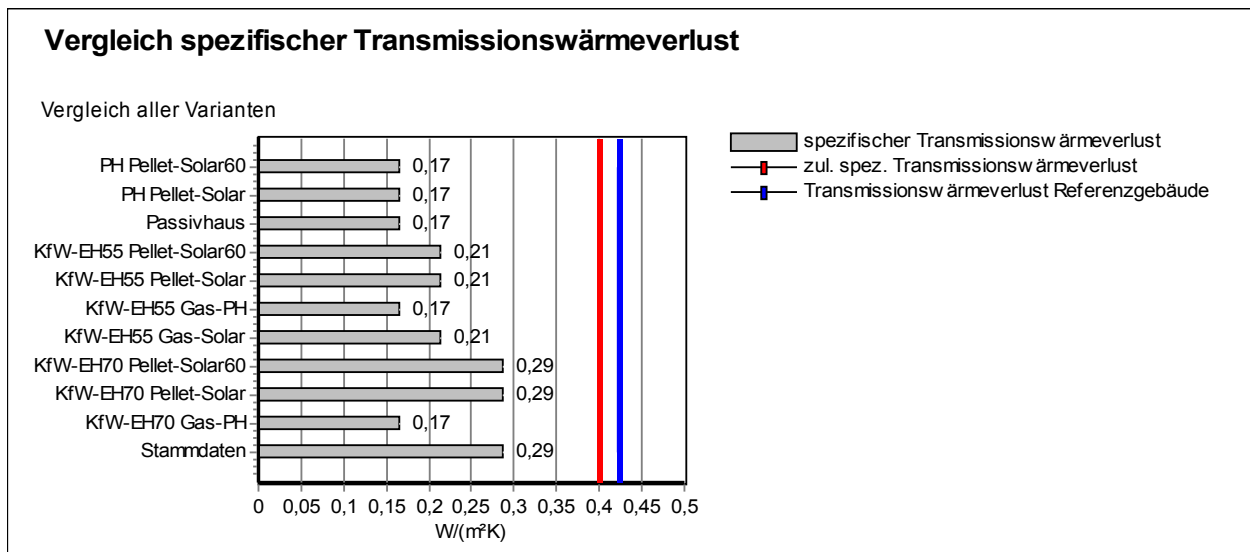
www.solaroffice.de

Registergericht Stuttgart
PR 720052

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

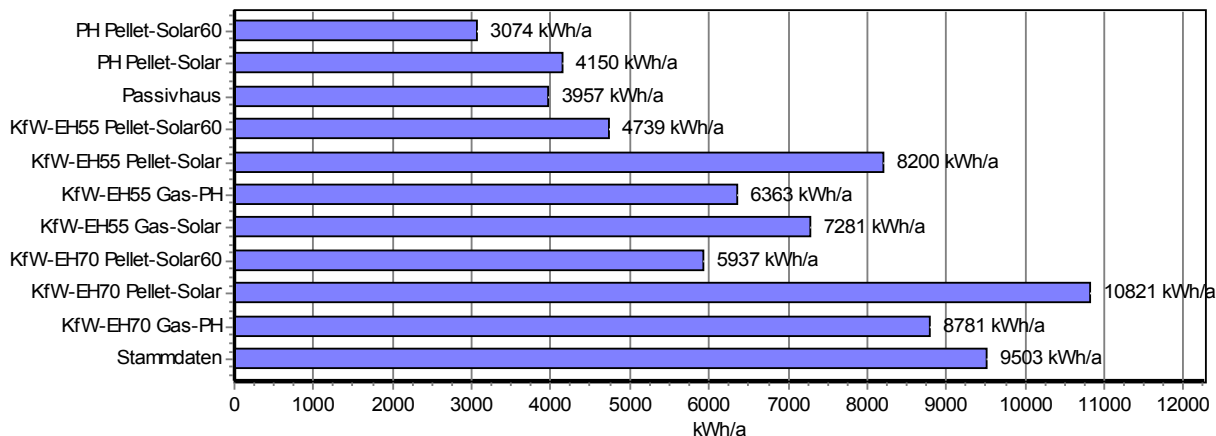
7.1 Einfamilienhaus EFH

7.1.1 Energetische Eigenschaften EFH



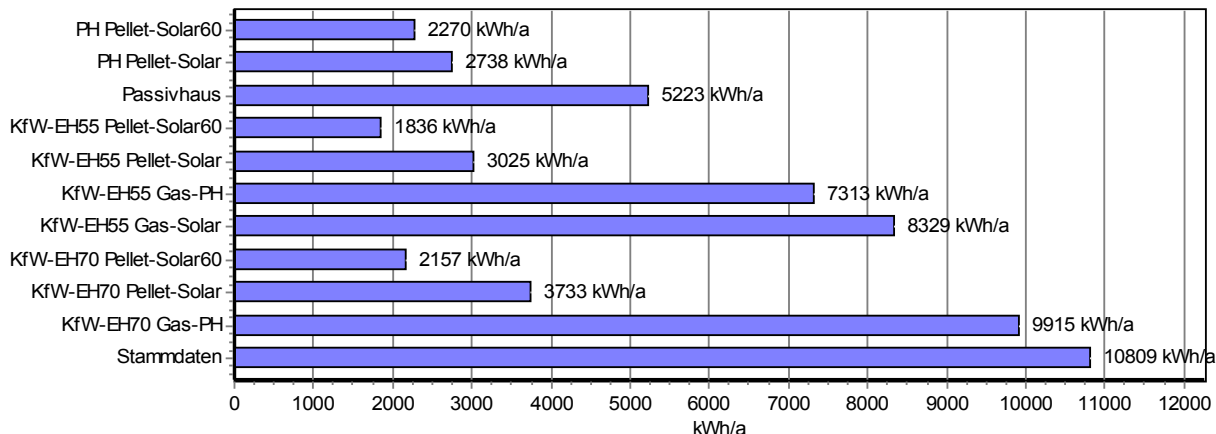
Endenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Primärenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Vergleich CO₂-Emissionen aller Maßnahmen

	CO ₂ (absolut) [kg/a]	CO ₂ (bezogen auf A _N) [kg/(m ² a)]	CO ₂ Differenz (absolut) [kg/a]	CO ₂ Differenz (bezogen auf A _N) [kg/(m ² a)]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	2435	11	0	0
KfW-EH70 Gas-PH	2232	11	203	1
KfW-EH70 Pellet-Solar	841	4	1595	8
KfW-EH70 Pellet-Solar60	487	2	1948	9
KfW-EH55 Gas-Solar	1877	9	558	3
KfW-EH55 Gas-PH	1649	8	786	4
KfW-EH55 Pellet-Solar	684	3	1751	8
KfW-EH55 Pellet-Solar60	416	2	2019	10
Passivhaus Gas-Solar	1192	6	1243	6
PH Pellet-Solar	635	3	1800	8
PH Pellet-Solar60	528	2	1907	9

ECONSULT

Lambrecht Jungmann
Partnerschaft
Physiker und Ingenieur

Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg

+49 (0)7457 / 91933

+49 (0)7457 / 91935

info@solaroffice.de

www.solaroffice.de

Registergericht Stuttgart
PR 720052

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

7.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung EFH bei 4% p.a. Preissteigerung
jährliche Kosten und Annuität aller Maßnahmen (Mehrkosten)

	Investitions- kosten [€]	Wartungs- kosten ^{*)} [€/a]	Nutzungs- dauer [a]	Annuität ^{**)} [€/a]
KfW-EH70 Gas-PH	6188	0	20	381
KfW-EH70 Pellet-Solar	7000	225	20	731
KfW-EH70 Pellet-Solar60	23800	309	20	1879
KfW-EH55 Gas-Solar	7944	0	20	490
KfW-EH55 Gas-PH	13388	0	20	825
KfW-EH55 Pellet-Solar	14944	226	20	1222
KfW-EH55 Pellet-Solar60	25744	268	20	1944
Passivhaus Gas-Solar	31628	240	20	2270
PH Pellet-Solar	38628	464	20	2999
PH Pellet-Solar60	38928	432	20	2975

^{*)} vereinfachend wurden negative Wartungskosten mit den Investitionskosten verrechnet und in dieser Spalte auf 0 gesetzt

^{**)} Kreditlaufzeit 10 Jahre, durchschnittliche Annuität über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	722	84	381	90,5
KfW-EH70 Pellet-Solar	-1318	141	731	103,5
KfW-EH70 Pellet-Solar60	3566	577	1879	65,2
KfW-EH55 Gas-Solar	2222	218	490	44,9
KfW-EH55 Gas-PH	3140	307	825	53,8
KfW-EH55 Pellet-Solar	1303	361	1222	67,7
KfW-EH55 Pellet-Solar60	4764	677	1944	57,4
Passivhaus Gas-Solar	5546	452	2270	100,3
PH Pellet-Solar	5353	617	2999	97,2
PH Pellet-Solar60	6429	725	2975	82,1

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen

	Annuität [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	1237	1237
KfW-EH70 Gas-PH	381	1153	1534
KfW-EH70 Pellet-Solar	731	1096	1826
KfW-EH70 Pellet-Solar60	1879	660	2539
KfW-EH55 Gas-Solar	490	1019	1509
KfW-EH55 Gas-PH	825	930	1755
KfW-EH55 Pellet-Solar	1222	876	2098
KfW-EH55 Pellet-Solar60	1944	560	2504
Passivhaus	2270	785	3054
PH Pellet-Solar	2999	620	3619
PH Pellet-Solar60	2975	512	3487

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
Partnerschaft
Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg

☎ +49 (0)7457 / 91933

☎ +49 (0)7457 / 91935

✉ info@solaroffice.de

🌐 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
PR 720052

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

7.1.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung EFH bei 8% p.a. Preissteigerung
jährliche Kosten und Annuität aller Maßnahmen (Mehrkosten)

	Investitions- kosten [€]	Wartungs- kosten*) [€/a]	Nutzungs- dauer [a]	Annuität**) [€/a]
KfW-EH70 Gas-PH	6188	0	20	381
KfW-EH70 Pellet-Solar	7000	225	20	731
KfW-EH70 Pellet-Solar60	23800	309	20	1879
KfW-EH55 Gas-Solar	7944	0	20	490
KfW-EH55 Gas-PH	13388	0	20	825
KfW-EH55 Pellet-Solar	14944	226	20	1222
KfW-EH55 Pellet-Solar60	25744	268	20	1944
Passivhaus Gas-Solar	31628	240	20	2270
PH Pellet-Solar	38628	464	20	2999
PH Pellet-Solar60	38928	432	20	2975

*) vereinfachend wurden negative Wartungskosten mit den Investitionskosten verrechnet und in dieser Spalte auf 0 gesetzt

**) Kreditlaufzeit 10 Jahre, durchschnittliche Annuität über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	722	128	381	59,5
KfW-EH70 Pellet-Solar	-1318	215	731	68,0
KfW-EH70 Pellet-Solar60	3566	878	1879	42,8
KfW-EH55 Gas-Solar	2222	332	490	29,5
KfW-EH55 Gas-PH	3140	467	825	35,4
KfW-EH55 Pellet-Solar	1303	549	1222	44,5
KfW-EH55 Pellet-Solar60	4764	1030	1944	37,7
Passivhaus Gas-Solar	5546	688	2270	66,0
PH Pellet-Solar	5353	939	2999	63,9
PH Pellet-Solar60	6429	1103	2975	53,9

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen

	Annuität [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	1882	1882
KfW-EH70 Gas-PH	381	1754	2135
KfW-EH70 Pellet-Solar	731	1667	2398
KfW-EH70 Pellet-Solar60	1879	1005	2884
KfW-EH55 Gas-Solar	490	1550	2040
KfW-EH55 Gas-PH	825	1415	2241
KfW-EH55 Pellet-Solar	1222	1333	2555
KfW-EH55 Pellet-Solar60	1944	852	2796
Passivhaus Gas-Solar	2270	1194	3464
PH Pellet-Solar	2999	944	3942
PH Pellet-Solar60	2975	779	3754

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
 Partnerschaft
 Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
 D-72108 Rottenburg

☎ +49 (0)7457 / 91933

☎ +49 (0)7457 / 91935

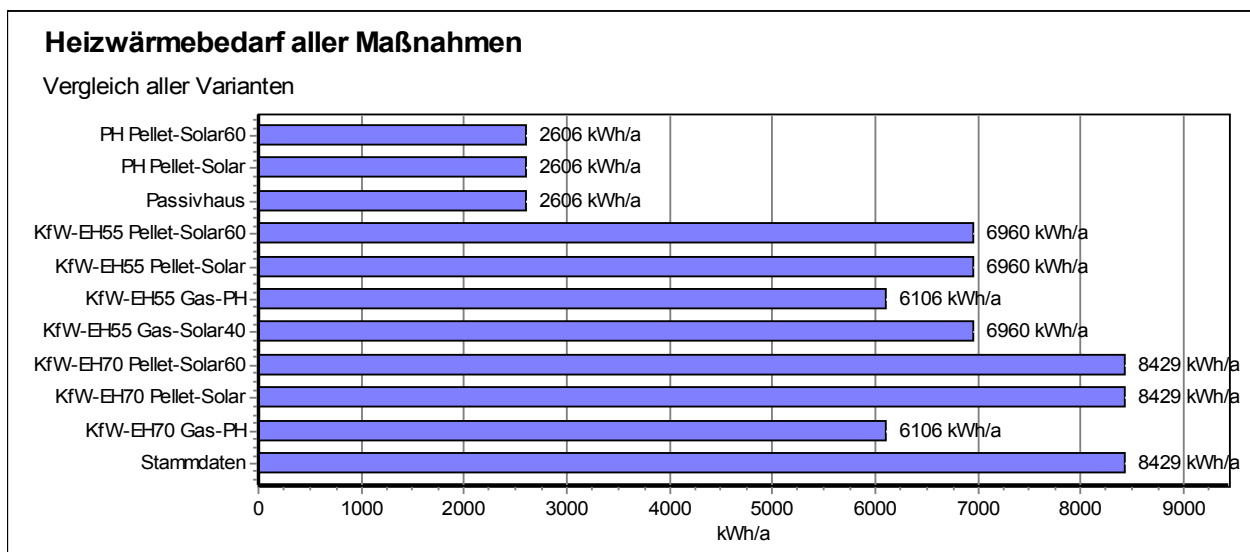
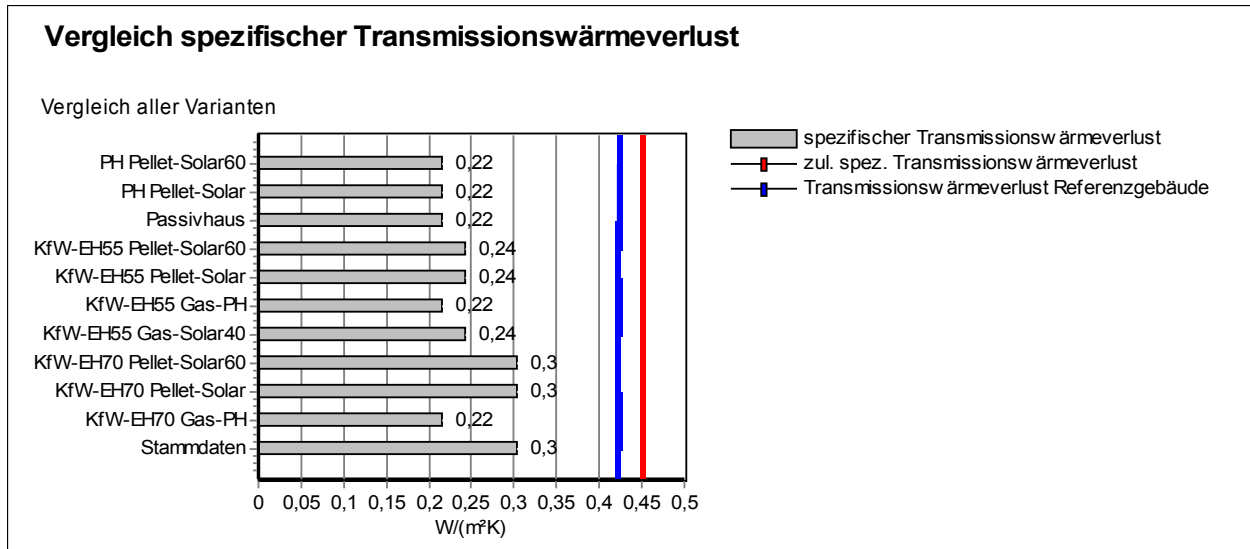
✉ info@solaroffice.de

🌐 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
 PR 720052

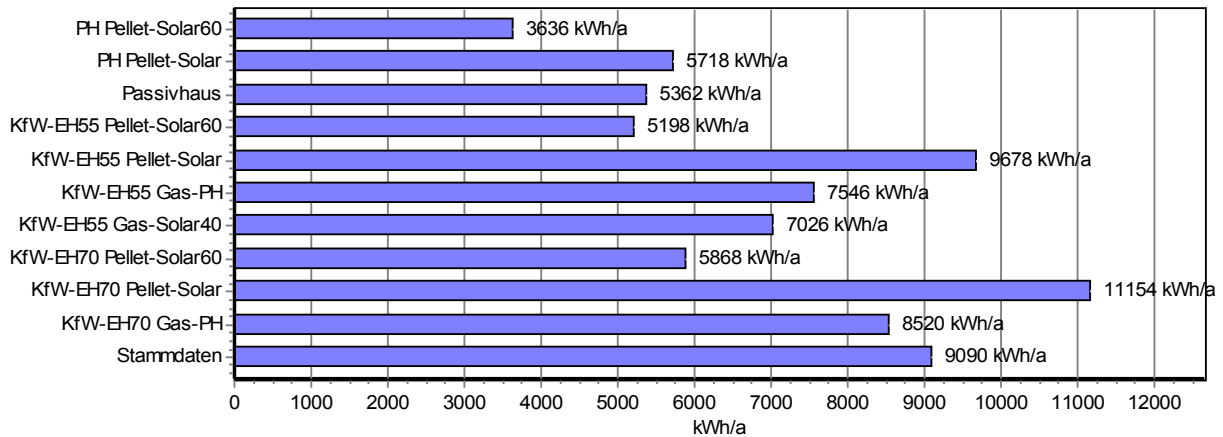
7.2 Doppelhaushälfte DHH

7.2.1 Energetische Eigenschaften DHH



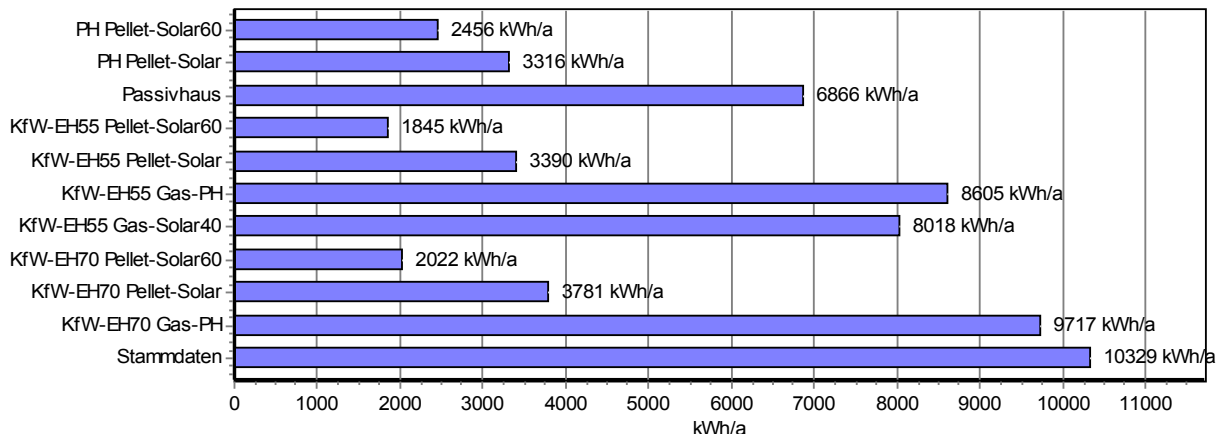
Endenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Primärenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Vergleich CO₂-Emissionen aller Maßnahmen

	CO ₂ (absolut) [kg/a]	CO ₂ (bezogen auf A _N) [kg/(m ² a)]	CO ₂ Differenz (absolut) [kg/a]	CO ₂ Differenz (bezogen auf A _N) [kg/(m ² a)]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	2341	10	0	0
KfW-EH70 Gas-PH	2205	9	136	1
KfW-EH70 Pellet-Solar	441	2	1900	8
KfW-EH70 Pellet-Solar60	241	1	2100	9
KfW-EH55 Gas-Solar40	1819	8	522	2
KfW-EH55 Gas-PH	1952	8	389	2
KfW-EH55 Pellet-Solar	414	2	1927	8
KfW-EH55 Pellet-Solar60	229	1	2112	9
Passivhaus	1908	8	433	2
PH Pellet-Solar	618	3	1723	7
PH Pellet-Solar60	492	2	1849	8

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

7.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung DHH bei 4% p.a. Preissteigerung
jährliche Kosten und Annuität aller Maßnahmen (Mehrkosten)

	Investitions- kosten [€]	Wartungs- kosten ¹⁾ [€/a]	Nutzungs- dauer [a]	Annuität ^{**)} [€/a]
KfW-EH70 Gas-PH	9323	0	20	575
KfW-EH70 Pellet-Solar	7900	234	20	798
KfW-EH70 Pellet-Solar60	23700	315	20	1881
KfW-EH55 Gas-Solar40	5308	9	20	339
KfW-EH55 Gas-PH	11843	0	20	730
KfW-EH55 Pellet-Solar	12308	234	20	1070
KfW-EH55 Pellet-Solar60	24108	287	20	1868
Passivhaus	25583	248	20	1908
PH Pellet-Solar	32583	472	20	2638
PH Pellet-Solar60	34883	460	20	2764

¹⁾ vereinfachend wurden negative Wartungskosten mit den Investitionskosten verrechnet und in dieser Spalte auf 0 gesetzt

^{**)} Kreditlaufzeit 10 Jahre, durchschnittliche Annuität über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	570	52	575	219,9
KfW-EH70 Pellet-Solar	-2065	74	798	215,2
KfW-EH70 Pellet-Solar60	3222	551	1881	68,3
KfW-EH55 Gas-Solar40	2064	204	339	33,3
KfW-EH55 Gas-PH	1544	152	730	96,4
KfW-EH55 Pellet-Solar	-588	197	1070	108,6
KfW-EH55 Pellet-Solar60	3892	607	1868	61,6
Passivhaus	3728	358	1908	106,6
PH Pellet-Solar	3372	426	2638	123,8
PH Pellet-Solar60	5454	613	2764	87,6

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen


	Annuität [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	1194	1194
KfW-EH70 Gas-PH	575	1141	1716
KfW-EH70 Pellet-Solar	798	1119	1918
KfW-EH70 Pellet-Solar60	1881	642	2523
KfW-EH55 Gas-Solar40	339	990	1329
KfW-EH55 Gas-PH	730	1042	1772
KfW-EH55 Pellet-Solar	1070	996	2067
KfW-EH55 Pellet-Solar60	1868	587	2455
Passivhaus	1908	836	2743
PH Pellet-Solar	2638	767	3405
PH Pellet-Solar60	2764	562	3326


ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
 Partnerschaft
 Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
 D-72108 Rottenburg

 +49 (0)7457 / 91933

 +49 (0)7457 / 91935

 info@solaroffice.de

 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
 PR 720052

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

7.2.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung DHH bei 8% p.a. Preissteigerung
jährliche Kosten und Annuität aller Maßnahmen (Mehrkosten)

	Investitions- kosten [€]	Wartungs- kosten ¹⁾ [€/a]	Nutzungs- dauer [a]	Annuität ^{**)} [€/a]
KfW-EH70 Gas-PH	9323	0	20	575
KfW-EH70 Pellet-Solar	7900	234	20	798
KfW-EH70 Pellet-Solar60	23700	315	20	1881
KfW-EH55 Gas-Solar40	5308	9	20	339
KfW-EH55 Gas-PH	11843	0	20	730
KfW-EH55 Pellet-Solar	12308	234	20	1070
KfW-EH55 Pellet-Solar60	24108	287	20	1868
Passivhaus	25583	248	20	1908
PH Pellet-Solar	32583	472	20	2638
PH Pellet-Solar60	34883	460	20	2764

¹⁾ vereinfachend wurden negative Wartungskosten mit den Investitionskosten verrechnet und in dieser Spalte auf 0 gesetzt

^{**)} Kreditlaufzeit 10 Jahre, durchschnittliche Annuität über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	570	80	575	144,5
KfW-EH70 Pellet-Solar	-2065	113	798	141,4
KfW-EH70 Pellet-Solar60	3222	838	1881	44,9
KfW-EH55 Gas-Solar40	2064	310	339	21,9
KfW-EH55 Gas-PH	1544	231	730	63,3
KfW-EH55 Pellet-Solar	-588	300	1070	71,4
KfW-EH55 Pellet-Solar60	3892	923	1868	40,5
Passivhaus	3728	545	1908	70,0
PH Pellet-Solar	3372	648	2638	81,4
PH Pellet-Solar60	5454	960	2764	57,6

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen

	Annuität [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	1816	1816
KfW-EH70 Gas-PH	575	1736	2311
KfW-EH70 Pellet-Solar	798	1703	2502
KfW-EH70 Pellet-Solar60	1881	978	2858
KfW-EH55 Gas-Solar40	339	1506	1845
KfW-EH55 Gas-PH	730	1585	2316
KfW-EH55 Pellet-Solar	1070	1516	2586
KfW-EH55 Pellet-Solar60	1868	893	2761
Passivhaus	1908	1271	3179
PH Pellet-Solar	2638	1168	3805
PH Pellet-Solar60	2764	856	3619

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
Partnerschaft
Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg

☎ +49 (0)7457 / 91933

☎ +49 (0)7457 / 91935

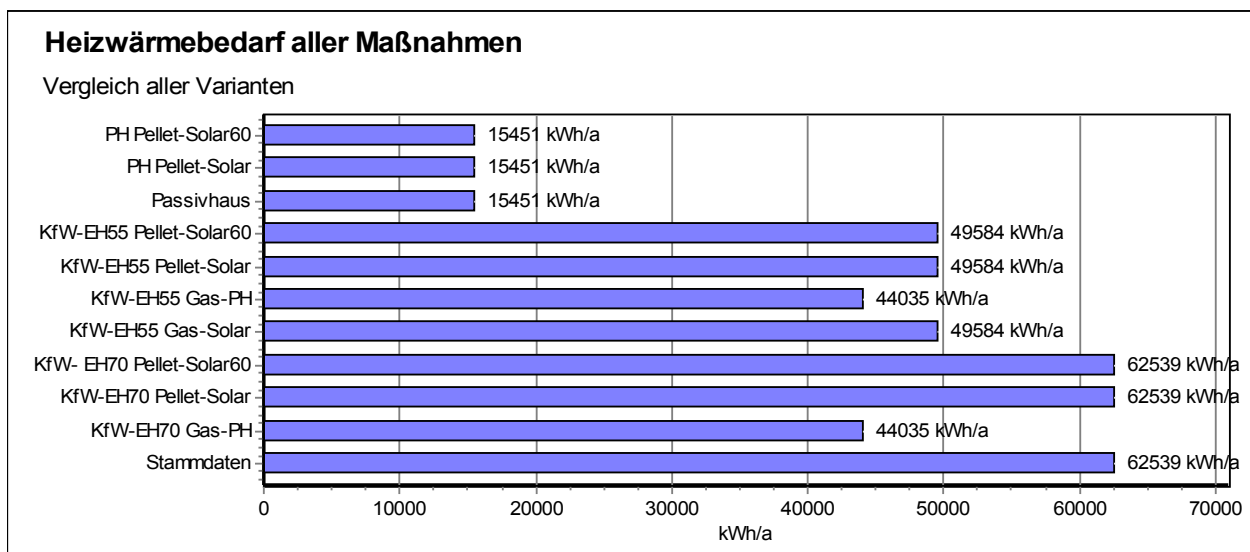
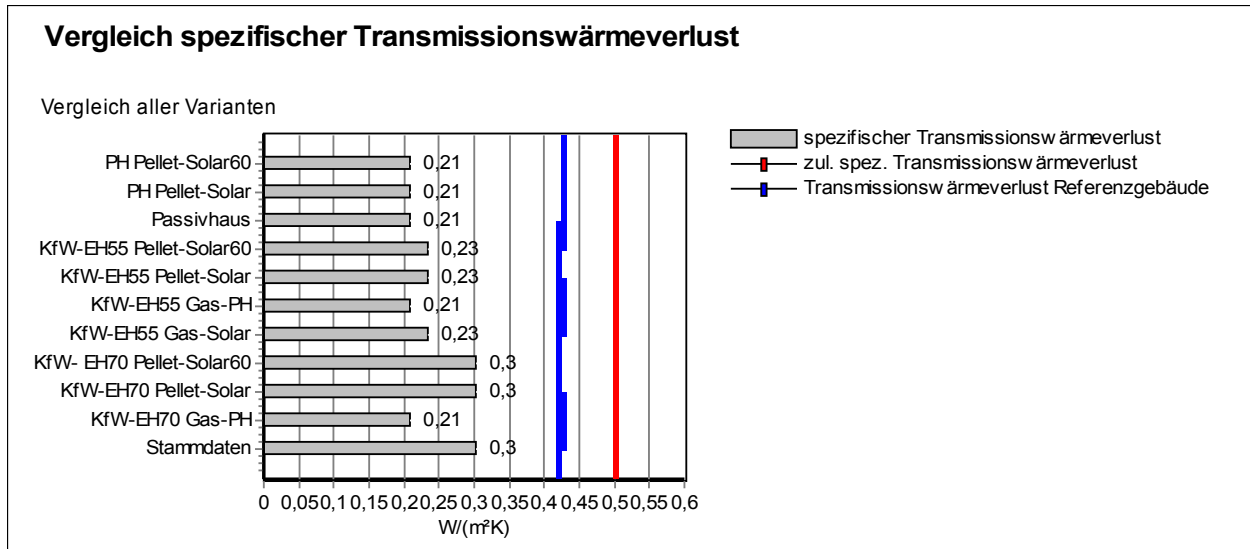
✉ info@solaroffice.de

🌐 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
PR 720052

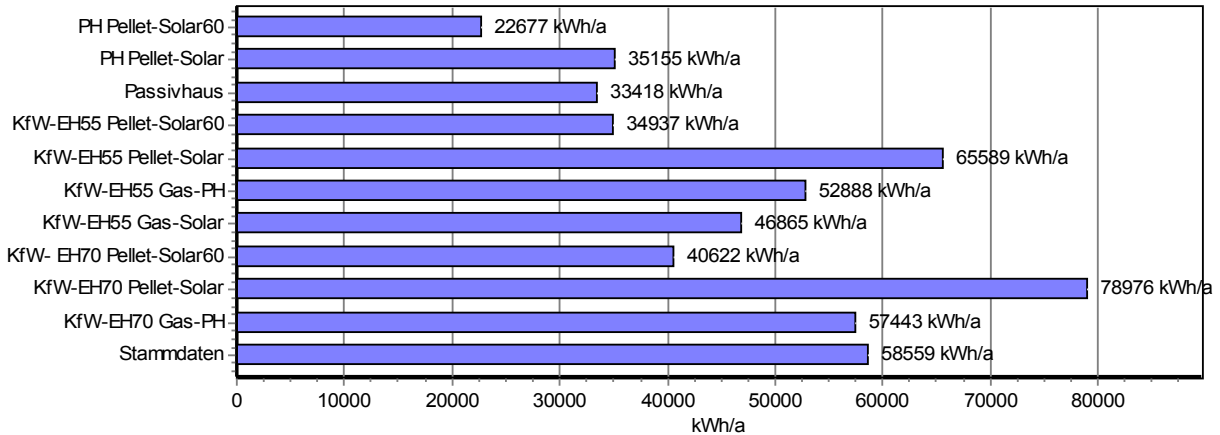
7.3 Mehrfamilienhaus MFH

7.3.1 Energetische Eigenschaften MFH



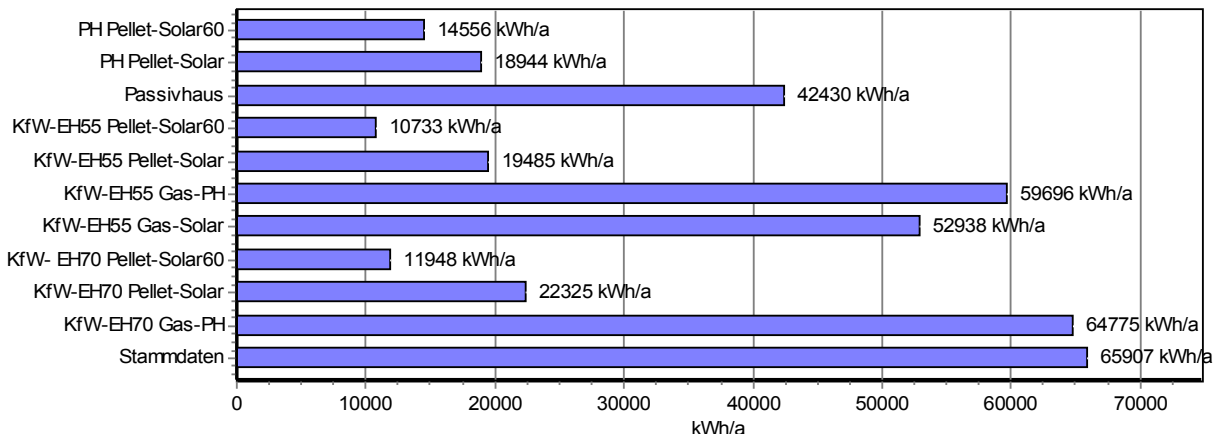
Endenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Primärenergiebedarf aller Maßnahmen

Vergleich aller Varianten



Vergleich CO₂-Emissionen aller Maßnahmen

	CO ₂ (absolut) [kg/a]	CO ₂ (bezogen auf A _N) [kg/(m ² a)]	CO ₂ Differenz (absolut) [kg/a]	CO ₂ Differenz (bezogen auf A _N) [kg/(m ² a)]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	14832	10	0	0
KfW-EH70 Gas-PH	14580	10	252	0
KfW-EH70 Pellet-Solar	4958	3	9874	7
KfW- EH70 Pellet-Solar60	2661	2	12171	8
KfW-EH55 Gas-Solar	11918	8	2914	2
KfW-EH55 Gas-PH	13438	9	1394	1
KfW-EH55 Pellet-Solar	4343	3	10489	7
KfW-EH55 Pellet-Solar60	2398	2	12434	8
Passivhaus Gas-Solar	9653	6	5179	3
PH Pellet-Solar	4361	3	10471	7
PH Pellet-Solar60	3372	2	11460	8

7.3.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung MFH bei 4% p.a. Preissteigerung

jährliche Kosten und Annuität aller Maßnahmen (Mehrkosten)

	Investitions- kosten [€]	Wartungs- kosten ^{*)} [€/a]	Nutzungs- dauer [a]	Annuität ^{**)} [€/a]
KfW-EH70 Gas-PH	9436	0	20	582
KfW-EH70 Pellet-Solar	-17500	278	20	-730
KfW- EH70 Pellet-Solar60	108500	825	20	7787
KfW-EH55 Gas-Solar	39378	0	20	2427
KfW-EH55 Gas-PH	32806	0	20	2022
KfW-EH55 Pellet-Solar	26276	278	20	1963
KfW-EH55 Pellet-Solar60	124278	684	20	8571
Passivhaus Gas-Solar	83046	1221	20	6745
PH Pellet-Solar	110746	1683	20	9069
PH Pellet-Solar60	132046	1690	20	10391

^{*)} vereinfachend wurden negative Wartungskosten mit den Investitionskosten verrechnet und in dieser Spalte auf 0 gesetzt

^{**)} Kreditlaufzeit 10 Jahre, durchschnittliche Annuität über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	1116	92	582	126,3
KfW-EH70 Pellet-Solar	-20417	-720	-730	-
KfW- EH70 Pellet-Solar60	17937	2494	7787	62,4
KfW-EH55 Gas-Solar	11694	1135	2427	42,8
KfW-EH55 Gas-PH	5671	538	2022	75,1
KfW-EH55 Pellet-Solar	-7030	321	1963	122,3
KfW-EH55 Pellet-Solar60	23622	2937	8571	58,4
Passivhaus	25141	1770	6745	76,2
PH Pellet-Solar	23404	2079	9069	87,2
PH Pellet-Solar60	35882	3229	10391	64,4

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen


	Annuität [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	6103	6103
KfW-EH70 Gas-PH	582	6011	6592
KfW-EH70 Pellet-Solar	-730	6823	6093
KfW- EH70 Pellet-Solar60	7787	3609	11395
KfW-EH55 Gas-Solar	2427	4968	7395
KfW-EH55 Gas-PH	2022	5564	7587
KfW-EH55 Pellet-Solar	1963	5782	7744
KfW-EH55 Pellet-Solar60	8571	3166	11737
Passivhaus	6745	4333	11078
PH Pellet-Solar	9069	4024	13093
PH Pellet-Solar60	10391	2874	13265

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
 Partnerschaft
 Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
 D-72108 Rottenburg

 +49 (0)7457 / 91933

 info@solaroffice.de

 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
 PR 720052

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

7.3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung MFH bei 8% p.a. Preissteigerung
jährliche Kosten und Annuität aller Maßnahmen (Mehrkosten)

	Investitions- kosten [€]	Wartungs- kosten ^{*)} [€/a]	Nutzungs- dauer [a]	Annuität ^{**)} [€/a]
KfW-EH70 Gas-PH	9436	0	20	582
KfW-EH70 Pellet-Solar	-17500	278	20	-730
KfW- EH70 Pellet-Solar60	108500	825	20	7787
KfW-EH55 Gas-Solar	39378	0	20	2427
KfW-EH55 Gas-PH	32806	0	20	2022
KfW-EH55 Pellet-Solar	26276	278	20	1963
KfW-EH55 Pellet-Solar60	124278	684	20	8571
Passivhaus Gas-Solar	83046	1221	20	6745
PH Pellet-Solar	110746	1683	20	9069
PH Pellet-Solar60	132046	1690	20	10391

^{*)} vereinfachend wurden negative Wartungskosten mit den Investitionskosten verrechnet und in dieser Spalte auf 0 gesetzt

^{**)} Kreditlaufzeit 10 Jahre, durchschnittliche Annuität über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	1116	140	582	83,0
KfW-EH70 Pellet-Solar	-20417	-1096	-730	-
KfW- EH70 Pellet-Solar60	17937	3795	7787	41,0
KfW-EH55 Gas-Solar	11694	1726	2427	28,1
KfW-EH55 Gas-PH	5671	819	2022	49,4
KfW-EH55 Pellet-Solar	-7030	489	1963	80,3
KfW-EH55 Pellet-Solar60	23622	4469	8571	38,4
Passivhaus Gas-Solar	25141	2693	6745	50,1
PH Pellet-Solar	23404	3163	9069	57,3
PH Pellet-Solar60	35882	4913	10391	42,3

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen


	Annuität [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	9286	9286
KfW-EH70 Gas-PH	582	9146	9727
KfW-EH70 Pellet-Solar	-730	10381	9651
KfW- EH70 Pellet-Solar60	7787	5491	13278
KfW-EH55 Gas-Solar	2427	7559	9987
KfW-EH55 Gas-PH	2022	8466	10489
KfW-EH55 Pellet-Solar	1963	8797	10760
KfW-EH55 Pellet-Solar60	8571	4817	13388
Passivhaus Gas-Solar	6745	6593	13338
PH Pellet-Solar	9069	6123	15191
PH Pellet-Solar60	10391	4373	14764

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
 Partnerschaft
 Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
 D-72108 Rottenburg

 +49 (0)7457 / 91933

 +49 (0)7457 / 91935

 info@solaroffice.de

 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
 PR 720052

7.3.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung MFH mit Förderung

10 Jahre Kreditlaufzeit

Die Förderung errechnet sich aus den Tilgungszuschüssen und Zinsvorteilen. Annuität und Förderung gerechnet für **10 Jahre Kreditlaufzeit**, Ergebnis gemittelt auf 20 Jahre.

Berücksichtigte Förderprogramme (Stand 14.06.2011):

- KfW Energieeffizient Bauen: Zins 3,75 % effektiv p.a. (10 Jahre); Tilgungszuschuss 5% bei EH55 bzw. 10% bei EH40; Kredit 50.000 EUR je Wohneinheit
- KfW Erneuerbare Energien Premium: Zins 3,09% effektiv p.a. (10 Jahre); Tilgungszuschuss 30% auf die anrechenbaren Kosten

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen, Preissteigerung 4% p.a.

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Förderung [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	1116	92	582	873	341,7
KfW-EH70 Pellet-Solar	-20417	-720	-730	1319	-
KfW- EH70 Pellet-Solar60	17937	2494	7787	4060	44,8
KfW-EH55 Gas-Solar	11694	1135	2427	3863	7,5
KfW-EH55 Gas-PH	5671	538	2022	3406	17,8
KfW-EH55 Pellet-Solar	-7030	321	1963	3406	26,2
KfW-EH55 Pellet-Solar60	23622	2937	8571	5538	33,3
Passivhaus ^{*)}	25141	1770	6745	5008	40,7
PH Pellet-Solar ^{*)}	23404	2079	9069	5454	52,7
PH Pellet-Solar60 ^{*)}	35882	3229	10391	5910	39,3

^{*)} erfüllt die Förderbedingungen an ein KfW-Effizienzhaus 40

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen, Preissteigerung 4% p.a.

	Annuität [€/a]	Förderung [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	1863	6103	4240
KfW-EH70 Gas-PH	582	873	6011	5720
KfW-EH70 Pellet-Solar	-730	1319	6823	4774
KfW- EH70 Pellet-Solar60	7787	4060	3609	7336
KfW-EH55 Gas-Solar	2427	3863	4968	3532
KfW-EH55 Gas-PH	2022	3406	5564	4180
KfW-EH55 Pellet-Solar	1963	3406	5782	4339
KfW-EH55 Pellet-Solar60	8571	5538	3166	6199
Passivhaus ^{*)}	6745	5008	4333	6070
PH Pellet-Solar ^{*)}	9069	5454	4024	7639
PH Pellet-Solar60 ^{*)}	10391	5910	2874	7355

^{*)} erfüllt die Förderbedingungen an ein KfW-Effizienzhaus 40

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
 Partnerschaft
 Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
 D-72108 Rottenburg

☎ +49 (0)7457 / 91933

☎ +49 (0)7457 / 91935

✉ info@solaroffice.de

🌐 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
 PR 720052

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen, Preissteigerung 8% p.a.

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Förderung [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	1116	140	582	873	224,6
KfW-EH70 Pellet-Solar	-20417	-1096	-730	1319	-
KfW- EH70 Pellet-Solar60	17937	3795	7787	4060	29,5
KfW-EH55 Gas-Solar	11694	1726	2427	3863	4,9
KfW-EH55 Gas-PH	5671	819	2022	3406	11,7
KfW-EH55 Pellet-Solar	-7030	489	1963	3406	17,2
KfW-EH55 Pellet-Solar60	23622	4469	8571	5538	21,9
Passivhaus ^{*)}	25141	2693	6745	5008	26,7
PH Pellet-Solar ^{*)}	23404	3163	9069	5454	34,6
PH Pellet-Solar60 ^{*)}	35882	4913	10391	5910	25,8

^{*)} erfüllt die Förderbedingungen an ein KfW-Effizienzhaus 40

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen, Preissteigerung 8% p.a.

	Annuität [€/a]	Förderung [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	0	1863	9286	7423
KfW-EH70 Gas-PH	582	873	9146	8855
KfW-EH70 Pellet-Solar	-730	1319	10381	8332
KfW- EH70 Pellet-Solar60	7787	4060	5491	9218
KfW-EH55 Gas-Solar	2427	3863	7559	6123
KfW-EH55 Gas-PH	2022	3406	8466	7082
KfW-EH55 Pellet-Solar	1963	3406	8797	7354
KfW-EH55 Pellet-Solar60	8571	5538	4817	7850
Passivhaus ^{*)}	6745	5008	6593	8330
PH Pellet-Solar ^{*)}	9069	5454	6123	9738
PH Pellet-Solar60 ^{*)}	10391	5910	4373	8854

^{*)} erfüllt die Förderbedingungen an ein KfW-Effizienzhaus 40

20 Jahre Kreditlaufzeit

Die Förderung errechnet sich aus den Tilgungszuschüssen und Zinsvorteilen. Annuität und Förderung gerechnet für **20 Jahre Kreditlaufzeit**, Ergebnis gemittelt auf 20 Jahre.

Berücksichtigte Förderprogramme (Stand 14.06.2011):

- KfW Energieeffizient Bauen: Zins 3,95 % effektiv p.a. für 10 a, dann 10 a Anschlussfinanzierung angenommen mit 4% p.a. (insgesamt 20 Jahre); Tilgungszuschuss 5% bei EH55 bzw. 10% bei EH40; Kredit 50.000 EUR je Wohneinheit
- KfW Erneuerbare Energien Premium: Zins 3,39% effektiv p.a. für 10 a, dann 10 a Anschlussfinanzierung angenommen mit 4% p.a. (insgesamt 20 Jahre); Tilgungszuschuss 30% auf die anrechenbaren Kosten

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
 Partnerschaft
 Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
 D-72108 Rottenburg

☎ +49 (0)7457 / 91933

☎ +49 (0)7457 / 91935

✉ info@solaroffice.de

🌐 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
 PR 720052

jährliche Kosten und Annuität aller Maßnahmen (Mehrkosten)

	Investitions- kosten [€]	Wartungs- kosten ^{*)} [€/a]	Nutzungs- dauer [a]	Annuität ^{**)} [€/a]
KfW-EH70 Gas-PH	9436	0	20	694
KfW-EH70 Pellet-Solar	-17500	278	20	-730
KfW- EH70 Pellet-Solar60	108500	825	20	9082
KfW-EH55 Gas-Solar	39378	0	20	2897
KfW-EH55 Gas-PH	32806	0	20	2414
KfW-EH55 Pellet-Solar	26276	278	20	2343
KfW-EH55 Pellet-Solar60	124278	684	20	10055
Passivhaus Gas-Solar	83046	1221	20	7736
PH Pellet-Solar	110746	1683	20	10391
PH Pellet-Solar60	132046	1690	20	11967

^{*)} vereinfachend wurden negative Wartungskosten mit den Investitionskosten verrechnet und in dieser Spalte auf 0 gesetzt

^{**)} Kreditlaufzeit 20 Jahre, durchschnittliche Annuität über den Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aller Maßnahmen, Preissteigerung 8% p.a.

	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Energie- kosten- einsparung [€/a]	Annuität [€/a]	Förderung [€/a]	Amorti- sations- dauer [a]
KfW-EH70 Gas-PH	1116	140	694	797	286,9
KfW-EH70 Pellet-Solar	-20417	-1096	-730	1389	0,1
KfW- EH70 Pellet-Solar60	17937	3795	9082	5029	32,5
KfW-EH55 Gas-Solar	11694	1726	2897	5096	-
KfW-EH55 Gas-PH	5671	819	2414	4490	0,9
KfW-EH55 Pellet-Solar	-7030	489	2343	4490	-
KfW-EH55 Pellet-Solar60	23622	4469	10055	7320	21,7
Passivhaus ^{*)}	25141	2693	7736	6837	22,4
PH Pellet-Solar ^{*)}	23404	3163	10391	7429	32,1
PH Pellet-Solar60 ^{*)}	35882	4913	11967	8035	24,6

^{*)} erfüllt die Förderbedingungen an ein KfW-Effizienzhaus 40

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen, Preissteigerung 8% p.a.

	Annuität [€/a]	Förderung [€/a]	Energie- kosten Gesamt [€/a]	Gesamt- kosten [€/a]
Stammdaten	0	2111	9286	7175
KfW-EH70 Gas-PH	694	797	9146	9043
KfW-EH70 Pellet-Solar	-730	1389	10381	8262
KfW- EH70 Pellet-Solar60	9082	5029	5491	9544
KfW-EH55 Gas-Solar	2897	5096	7559	5360
KfW-EH55 Gas-PH	2414	4490	8466	6390
KfW-EH55 Pellet-Solar	2343	4490	8797	6650
KfW-EH55 Pellet-Solar60	10055	7320	4817	7552
Passivhaus ^{*)}	7736	6837	6593	7492
PH Pellet-Solar ^{*)}	10391	7429	6123	9085
PH Pellet-Solar60 ^{*)}	11967	8035	4373	8305

^{*)} erfüllt die Förderbedingungen an ein KfW-Effizienzhaus 40

ECONSULT

 Lambrecht Jungmann
 Partnerschaft
 Physiker und Ingenieur

 Buchenweg 12
 D-72108 Rottenburg

☎ +49 (0)7457 / 91933

☎ +49 (0)7457 / 91935

✉ info@solaroffice.de

🌐 www.solaroffice.de

 Registergericht Stuttgart
 PR 720052

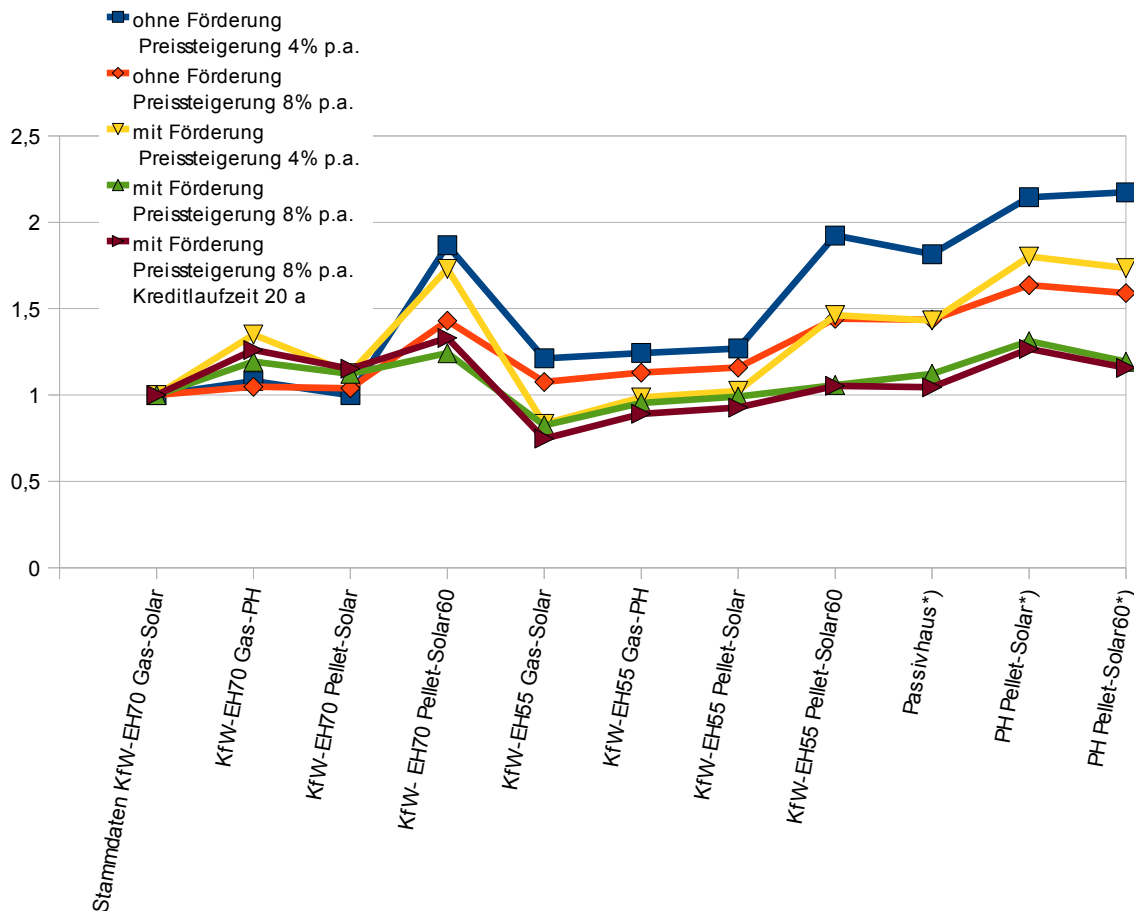
7.3.5 Gegenüberstellung der Gesamtkosten MFH

jährliche Gesamtkosten aller Maßnahmen MFH über 20 Jahre betrachtet

	ohne Förderung		mit Förderung		Preissteigerung 8% p.a. Kreditlaufzeit 20 a
	Preissteigerung 4% p.a.	Preissteigerung 8% p.a.	Preissteigerung 4% p.a.	Preissteigerung 8% p.a.	
	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	
Stammdaten KfW-EH70 Gas-Solar	6103	9286	4240	7423	7175
KfW-EH70 Gas-PH	6592	9727	5720	8855	9043
KfW-EH70 Pellet-Solar	6093	9651	4774	8332	8262
KfW- EH70 Pellet-Solar60	11395	13278	7336	9218	9544
KfW-EH55 Gas-Solar	7395	9987	3532	6123	5360
KfW-EH55 Gas-PH	7587	10489	4180	7082	6390
KfW-EH55 Pellet-Solar	7744	10760	4339	7354	6650
KfW-EH55 Pellet-Solar60	11737	13388	6199	7850	7552
Passivhaus ^{*)}	11078	13338	6070	8330	7492
PH Pellet-Solar ^{*)}	13093	15191	7639	9738	9085
PH Pellet-Solar60 ^{*)}	13265	14764	7355	8854	8305

^{*)} erfüllt die Förderbedingungen an ein KfW-Effizienzhaus 40

Gesamtkosten relativ zu Stammdaten



ECONSULT

Lambrecht Jungmann
Partnerschaft
Physiker und Ingenieur

Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg

+49 (0)7457 / 91933

+49 (0)7457 / 91935

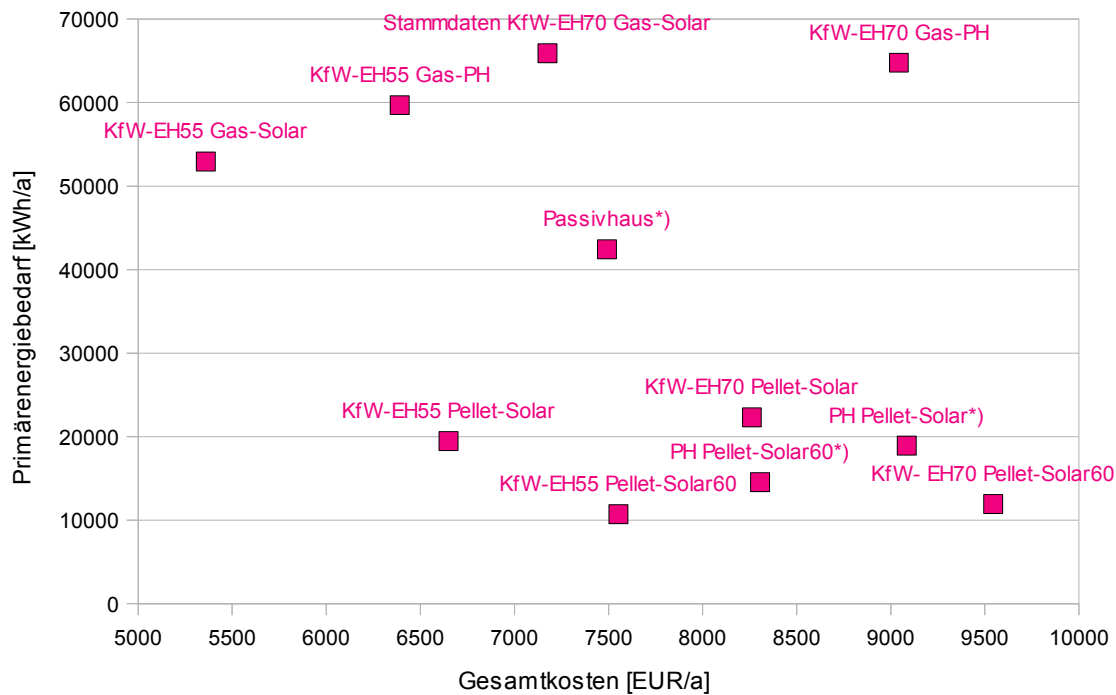
info@solaroffice.de

www.solaroffice.de

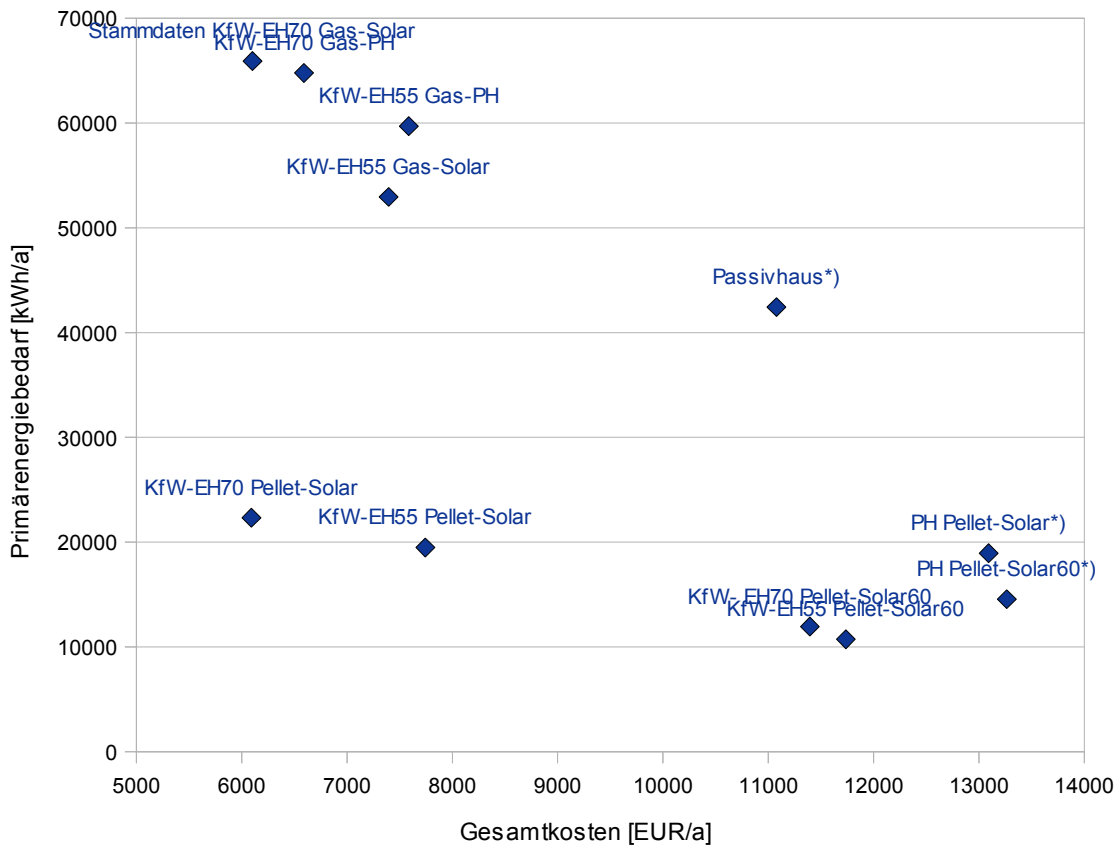
Registergericht Stuttgart
PR 720052

Energiestandards Vergleich

Kurzstudie



Primärenergiebedarf vs. Gesamtkosten (inkl. Förderung, Kredit 20 a, Preissteigerung 8% p.a.)



Primärenergiebedarf vs. Gesamtkosten (ohne Förderung, Kredit 10 a, Preissteigerung 4% p.a.)

7.4 Weiter Stellschrauben

- **Wärmebrücken**
Die Berechnungen der KfW-Effizienzhäuser erfolgte mit einem Wärmebrücken-zuschlag von $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ nach EnEV §7 (3). Der Nachweis einer wärmebrücken-freien Konstruktion – bei ansonsten gleichen Parametern – wirkt sich im Energiebedarf und den Energiekosten mit einer Verbesserung um rund 10% aus.
- **Fenster 3fach-Verglasung** ($U_w = 0,92$, $g = 0,50$)
Die Mehrkosten liegen gegenüber den 2fach-Verglasungen bei 10 EUR/m^2 Fensterfläche. Sie wirken sich im Energiebedarf und den Energiekosten mit einer Verbesserung um rund 5% aus.

8 Fazit und Vorschlag für die Fördersystematik

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen sind Gebäudestandards, die **über** den KfW-Effizienzhaus 70 Standard hinausgehen, rein aus Sicht eines Investors (Bauherrn) nach VDI 2067 (d. h. ohne Internalisierung externer Kosten) in der Regel wirtschaftlich nicht rentabel – zumindest nicht ohne Förderung.

Den niedrigsten Primärenergiebedarf sowie die niedrigsten CO₂-Emissionen erreichen Gebäude mit sehr hohen solaren Deckungsraten in Kombination mit Pelletheizkesseln. Diese liegen über 80% unter den Werten eines KfW-Effizienzhaus 70 (welche auch schon 30% unter den EnEV-Anforderungswerten liegen).

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit schneiden bei den 3 untersuchten Gebäuden die Varianten mit großen Solaranlagen (solarer Deckungsanteil 60%) tendenziell etwas besser ab als die gleichen Gebäude mit Passivhausstandard, beim Mehrfamilienhaus ist quasi eine Pattsituation. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass in konkreten Bauprojekten und den jeweils gegebenen Randbedingungen mit gegebenenfalls weiterer Optimierung sich auch andere Reihenfolgen ergeben können.

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.

Zur Förderung: Das Ziel der neuen EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“, dass im nächsten Jahrzehnt nur noch „Niedrigstenergiehäuser“ („Nearly-Zero-Energy-Buildings“) errichtet werden dürfen, kann mit dem beschriebenen Ansatz

Energiestandards Vergleich Kurzstudie

der KfW-Effizienzhäuser mit großen Solaranlagen erreicht werden. Finanzielle Anreize können die Wirtschaftlichkeit entscheidend verbessern. Wir empfehlen, die Förder-systematik des KfW-Programms Erneuerbare Energien im Programmteil B "Premium" (zinsgünstiges Darlehen und Tilgungszuschuss bis 30%) die Finanzierung von Sonnen-kollektoranlagen erweitert wird um a':

1. Solarkollektoranlagen

Als Innovationsförderung wird die Errichtung und Erweiterung von kundenspezi-fisch gefertigten großen Solarkollektoranlagen mit mehr als 40 m² Brutto-kollektorfläche zur:

a) Warmwasserbereitung, Raumheizung oder zur kombinierten Warmwasser-berereitung und Raumheizung von Wohngebäuden mit 3 und mehr Wohneinheiten oder Nichtwohngebäuden mit mindestens 500 m² Nutzfläche. Diese Mindestgröße gilt nicht bei Gebäuden (Gemeinschaftseinrichtungen) zur sanitären Versorgung.

a') kombinierten Warmwasserbereitung und Raumheizung von Wohngebäuden, die die Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 55 oder besser erfüllen

b) Bereitstellung von Prozesswärme oder
c) solaren Kälteerzeugung

Alternativ könnte die Mindestkollektorgröße auf 0,2 m² Kollektorfläche je m² Gebäude-nutzfläche festgelegt werden, da 40 m² Kollektorfläche bei kleinen effizienten Neubauten schon recht groß ist.