

Studie

Effiziente Balance zwischen Dämmung und Solarthermie



Auftraggeber: Bundesverband Solarwirtschaft e.V., Berlin

Bearbeitung: Sonnenhaus-Institut e.V., Straubing:
M.A. Christiane Joiko, Dipl.-Ing. Georg Dasch, Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Hilz, Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld, Dipl.-Ing. (FH) Peter Rubeck

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

Bearbeitungszeit: Dezember 2010 – Juni 2011

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass der Studie	4
2. Ziel der Studie	4
3. Untersuchungsansatz und methodische Vorgehensweise	6
4. Variantenbeschreibung der Gebäudetypen Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte und Mehrfamilienhaus	9
4.1 Variantenbeschreibung Einfamilienhaus	10
4.2 Variantenbeschreibung Doppelhaushälfte	12
4.3 Variantenbeschreibung Mehrfamilienhaus	14
5. Ergebnisse	16
5.1 Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf	17
5.2 Primärenergiebedarf und CO ₂ -Ausstoß	20
5.3 Wirtschaftlichkeit der Effizienzhäuser	29
5.4 Primärenergieeinsparung und Mehrkosten	33
5.5 CO ₂ -Vermeidungskosten	40
5.6 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Altbau	44
5.7 Zusammenfassung der Ergebnisse	45
6. Förderung von Effizienzhäusern	45
6.1 Beispiel Mehrfamilienhäuser	46
6.2 Fördereffizienz	48
6.3 Konsequenzen für die Förderung von Effizienzhäusern	49
7. Einfache Hemmnisse mit großer Wirkung für die Solarthermie	50
Anhang	52

1. Anlass der Studie

In der Europäischen Union entfallen rund 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs auf den Bereich Gebäude. Da dieser Sektor expandiert, wird auch der Energieverbrauch weiter steigen. Die EU sieht im Gebäudesektor ein „erhebliches Potenzial für kosteneffiziente Energieeinsparungen“.¹ Die EU-Gebäuderichtlinie fordert daher von ihren Mitgliedsstaaten die Gewährleistung, dass bis zum 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind.² Mit Niedrigstenergiegebäude sind hierbei Gebäude gemeint, die eine sehr gute Gesamtenergieeffizienz aufweisen und deren Energiebedarf bei fast Null liegt, welcher dann hauptsächlich durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden soll, einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird.³ Dadurch dass die EU-Gebäuderichtlinie die Gesamtenergieeffizienz in den Mittelpunkt rückt, wird auch der Primärenergiebedarf von Gebäuden wichtig. Hier schneiden besonders gut Gebäude mit großen solarthermischen Anlagen ab, da Solarthermie einen Primärenergiefaktor von Null aufweist.⁴ So könnte die neue EU-Gebäuderichtlinie entscheidend dazu beitragen, den Einsatz der Solarthermie und damit den Solarthermiemarkt zu beleben und die nationalen und europäischen Klimaschutzziele effektiv umzusetzen.

Die aktuellen politischen Vorgaben setzen einen besonderen Schwerpunkt auf die Wärmedämmung von Gebäuden, die sich Richtung Passivhaus-Standard orientiert. Die Möglichkeiten, die gleiche oder eine bessere Gesamtenergieeffizienz im Sinne der EU-Richtlinie durch die Solarthermie zu erzielen, sind bisher nicht ausreichend untersucht. Große solarthermische Anlagen, welche einen hohen solaren Deckungsgrad erzielen, können zum Erreichen des Ziels bis 2020 den Anteil der EE-Wärme deutlich zu erhöhen, einen wesentlichen Beitrag leisten.

Auf nationaler Ebene besteht zur EU-Gebäuderichtlinie bislang noch keine genaue Definition für deren Umsetzung. Diese ist zurzeit noch in Bearbeitung.

2. Ziel der Studie

Die Studie untersucht drei unterschiedliche Gebäude-Energiestandards⁵ nach weiteren Optimierungsmöglichkeiten: Das KfW-Effizienzhaus 70, das KfW-Effizienzhaus 55 und das Passivhaus. Die Trendentwicklung im Bereich Niedrigstenergiegebäude verläuft aktuell in die Richtung, weniger Heizanlagentechnik einzubauen und dafür Gebäude stärker zu dämmen. Die vorliegende Studie möchte diesem Trend von „mehr Dämmung“ den Einsatz von Solarthermie für Heizung und Warmwasser, bei weniger hohen Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle, gegenüberstellen. Mit der Studie sollen auch die daraus resultierenden Hemmnisse am

¹ Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), L 153/13

² Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), Artikel 9 Abs. (1), L 153/21

³ Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), Artikel 2 Punkt 2, L 153/18

⁴ Der Primärenergiefaktor von Sonnenenergie liegt bei 0,0. Im Vergleich dazu liegen die Primärenergiefaktoren von Strom bei 2,6, von Gas bei 1,1 und von Öl ebenfalls bei 1,1. Holz hat einen Primärenergiefaktor von 0,2.

⁵ Ein Gebäude-Energiestandard schreibt den Energiebedarf pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr vor. Er wird durch bauliche Maßnahmen und die Haustechnik beeinflusst beziehungsweise erreicht.

Markt für Solarthermie untersucht werden. Obwohl die Technik ausgereift ist und es seit Jahrzehnten sehr gute Erfahrungen mit Gebäuden gibt, die zum überwiegenden Teil ganzjährig solar beheizt werden, zeigt die Solarthermie eine eher zurückhaltende Marktentwicklung.

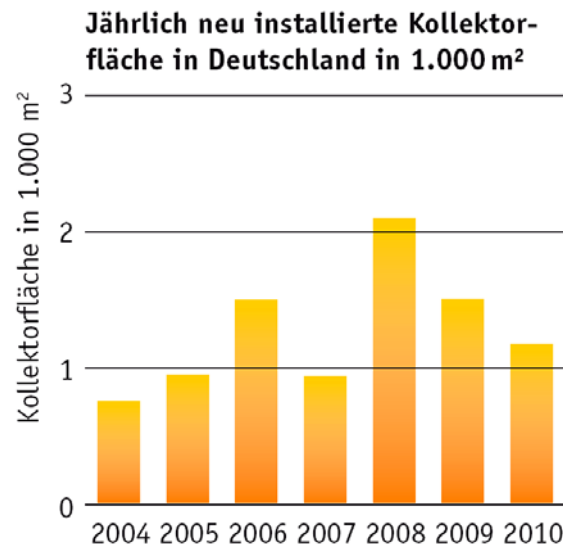


Abbildung 1: Entwicklung des solarthermischen Marktes in Deutschland, Zeitraum 2004-2010 (Quelle: BSW-Solar)

Neben den energetischen und ökologischen Gesichtspunkten werden daher auch wirtschaftliche Aspekte der unterschiedlichen Gebäude-Energiestandards mit unterschiedlicher Heizanlagentechnik und unterschiedlichem Dämmstandard untersucht. So will die Studie herausfinden, ob solarthermische Anlagen im Hinblick auf die neue EU-Gebäuderichtlinie konkurrenzfähig sind.

Mit den Ergebnissen ist ein Ranking der verschiedenen Maßnahmen und Strategien objektiv möglich. Sie zeigen, wann es ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist, die thermische Qualität der Gebäudehülle Richtung Passivhaus-Niveau zu erhöhen und wann es effizienter ist, bei weniger hohen Dämmanforderungen auf die verstärkte Nutzung der Solarthermie zu setzen.

3. Untersuchungsansatz und methodische Vorgehensweise

Die Studie untersucht die drei energieeffizienten Gebäudetypen KfW-Effizienzhaus 70, KfW-Effizienzhaus 55 und Passivhaus. Diese drei Typen von Niedrigenergiehäusern wurden als freistehendes Einfamilienhaus, als Doppelhaushälfte und als freistehendes Mehrfamilienhaus mit unterschiedlicher Heiztechnik berechnet. Der Schwerpunkt der untersuchten Heiztechnik liegt auf solarthermischen Anlagen.

Die Anlagentechniken, mit denen die Gebäude berechnet wurden, sind folgende:

1. Fußbodenheizung und Gas-Brennwerttechnik,
2. Solaranlage mit Standard-Deckungsanteil nach DIN V 4701-10⁶ mit Pelletheizung,
3. Solaranlage mit 60 Prozent solarem Deckungsanteil für Raumheizung und Warmwasser und Pelletofen und
4. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung im Passivhaus.

Bei den drei Gebäudetypen handelt es sich um reale Projekte mit folgenden Kenn-
daten:

Tab. 1: Kenndaten der Gebäudetypen Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte und Mehrfamilienwohnhaus

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

Bildquellen: Einfamilienhaus: Sonnenhaus-Institut/Architekturbüro Dasch, Doppelhaushälfte: Schaller/Sternagel, Mehrfamilienwohnhaus: Sonnenhaus-Institut

⁶ In der DIN V 4701-10 geht es um die energetische Bewertung von heiz- und raumluftechnischen Anlagen, im Teil 10 um Heizung, Trinkwassererwärmung und Lüftung. Hierbei handelt es sich um eine Rechenvorschrift mit deren Hilfe Heizungs-, Trinkwassererwärmungs- und Lüftungsanlagen hinsichtlich ihrer energetischen Qualität bewertet werden können. Für thermische Solaranlagen zur Trinkwasserbereitung ist in dieser Norm ein (statisches) Berechnungsverfahren hinterlegt. Bei größeren Solaranlagen mit Heizungsunterstützung kann maximal ein Deckungsanteil für die Raumheizung angesetzt werden. Alternativ darf der Deckungsanteil simuliert werden.

Es wurden für die drei in Tabelle 1 genannten Gebäudetypen jeweils 11 Varianten entwickelt und berechnet:

1. KfW-Effizienzhaus 70 mit Gas- und Solarheizung nach DIN V 4701-10 (Abk.: **KfW-EH70 Gas-Solar**),
2. KfW-Effizienzhaus 70 mit Gasheizung und Passivhaushülle (Abk.: **KfW-EH70 Gas-PHH**),
3. KfW-Effizienzhaus 70 mit Pellet- und Solarheizung nach DIN V 4701-10 (Abk.: **KfW-EH70 Pellet-Solar**),
4. KfW-Effizienzhaus 70 mit Pellet- und Solarheizung, wobei die Solaranlage einen solaren Deckungsanteil für Raumheizung und Trinkwarmwasser von 60 Prozent erreicht (Abk.: **KfW-EH70 Pellet-Solar60**),
5. KfW-Effizienzhaus 55 mit Gas- und Solarheizung nach DIN V 4701-10 (Abk.: **KfW-EH55 Gas-Solar**).
Bei der Doppelhaushälfte wurde der solare Deckungsanteil dieser Variante auf 40 Prozent erhöht, um den Standard des KfW-Effizienzhaus 55 zu erreichen. (Abk. DHH: **KfW-EH55 Gas-Solar40**),
6. KfW-Effizienzhaus 55 mit Gasheizung und Passivhaushülle (Abk.: **KfW-EH55 Gas-PHH**),
7. KfW-Effizienzhaus 55 mit Pellet- und Solarheizung nach DIN V 4701-10 (Abk.: **KfW-EH55 Pellet-Solar**),
8. KfW-Effizienzhaus 55 mit Pellet- und Solarheizung, wobei die Solaranlage einen solaren Deckungsanteil für Raumheizung und Trinkwarmwasser von 60 Prozent erreicht (Abk.: **KfW-EH55 Pellet-Solar60**),
9. Passivhaus nach dem Passivhaus-Projektierungspaket gerechnet mit Gas- und Solarheizung (Abk.: **PH Gas-Solar**),
10. Passivhaus mit Pellet- und Solarheizung nach DIN V 4701-10 (Abk.: **PH Pellet-Solar**) und
11. Passivhaus mit Pellet- und Solarheizung, wobei die Solaranlage einen solaren Deckungsanteil für Raumheizung und Trinkwarmwasser von 60 Prozent erreicht (Abk.: **PH Pellet-Solar60**).

Die folgenden Parameter für die oben genannten 11 Varianten sind für alle drei Gebäudetypen (Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte und Mehrfamilienhaus) untersucht beziehungsweise berechnet worden:

1. Spezifischer Transmissionswärmeverlust (H_T)⁷,
2. Jahres-Primärenergiebedarf (q_P)⁸,
3. Jahres-Heizwärmebedarf (q_H)⁹,
4. Jahres-Endenergiebedarf (q_E)¹⁰,

⁷ Bezeichnung für die Qualität der thermischen Hülle eines Gebäudes.

⁸ Berücksichtigt neben dem Endenergiebedarf auch die Effizienz der Anlagentechnik und die Verluste außerhalb des Gebäudes, die von der Gewinnung des Energieträgers, der Aufbereitung und der Verteilung bis zum Gebäude entstehen. Grundlage zur Berechnung der CO₂-Emissionen. Primärenergiefaktoren: Strom 2,6; Gas 1,1; Heizöl 1,1; Holz 0,2; Solar 0,0.

⁹ Bezeichnung für die Energiemenge, die einem Gebäude zugeführt werden muss, um eine gewünschte Innenraumtemperatur zu erreichen.

5. Energiekosten heute und prognostiziert für 20 Jahre,
6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067¹¹,
7. Förderstandard.

Die Berechnungen wurden durch das Büro Econsult, Rottenburg, durchgeführt. Die Kurzstudie¹² liegt im Anhang bei. Für alle Gebäudetypen und Varianten sind die Nutzerprofile an die Nutzerprofile für Passivhäuser angepasst worden, um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Ergebnisse zu gewähren.

Die Gebäude wurden auf Basis aktueller Pläne und Angaben durch das Sonnenhaus-Institut e.V. aufgenommen und erfasst. Die Berechnungen des Energiebedarfs erfolgten in den Randbedingungen der EnEV nach DIN 4108-6¹³ in Verbindung mit DIN 4701-10. Die Simulation der Solaranlagen mit Deckungsanteil ab 30% wurde mit der Solarthermie-Software *Polysun 4 – Designer* dynamisch simuliert. Die Passivhäuser wurden nach dem Passivhaus-Projektierungspaket berechnet. Luftvolumen, Wärmekapazität, Wärmebrücken und Verschattung des Gebäudes wurden pauschal angesetzt. Die drei Gebäudetypen Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte und Mehrfamilienhaus sind so optimiert, dass die drei Standards KfW-Effizienzhaus 70, KfW-Effizienzhaus 55 und Passivhaus erreicht werden. Dazu wurden folgende Parameter variiert:

- U-Werte¹⁴ für Wand, Dach, Boden und Verglasung,
- g-Wert¹⁵ der Verglasung und
- die Anlagentechnik: Heizungsanlage mit Gas- bzw. Holzpellettheizung und Solaranlage, Trinkwarmwasseranlage und Lüftungsanlage.

Die Randbedingungen für die Berechnungen sind durch die EnEV2009 sowie durch die KfW-Förderstandards vorgegeben:

Anforderung 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 1¹⁶ 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 2¹⁷ nicht überschritten werden.“¹⁸

¹⁰ Berechnete Energiemenge, die unter gemittelten Klimaverhältnissen zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich Verluste der Anlagentechnik benötigt wird.

¹¹ Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure. Die VDI 2067 bezieht sich auf die Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen.

¹² s. Kurzstudie „Energistandards – KfW-Effizienzhaus, Passivhaus und Gebäude mit hohem solaren Deckungsgrad im Vergleich“, Büro Econsult (Rottenburg), Juni 2011

¹³ In der DIN 4108-6 geht es um die Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs im Hinblick auf Wärmeschutz und Energie-Einsparung bei Gebäuden.

¹⁴ Der U-Wert bzw. der Wärmedurchgangskoeffizient bezeichnet den Wärmedämmwert.

¹⁵ Mit g-Wert bzw. Gesamt-Energiedurchlassgrad wird die Durchlässigkeit von transparenten Bauteilen (z.B. Fenster bzw. Glasflächen) für Energietransport (z.B. solare Strahlung) bezeichnet.

¹⁶ Hierbei handelt es sich um die Anlage 1 Tabelle 1 im Anhang der EnEV.

¹⁷ Bezieht sich ebenfalls auf eine Anlage der EnEV.

¹⁸ aus EnEV 2009

Anforderungen zum KfW-Effizienzhaus

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.

Tab. 2: Anforderungen zum 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%

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

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

Passivhaus

Gefördert werden in der Programmvariante KfW-Effizienzhaus 55 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.¹⁹

4. Variantenbeschreibung der Gebäudetypen Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte und Mehrfamilienhaus

In den Tabellen 3 bis 5 sind die thermischen Qualitäten der Gebäudehüllen sowie die Heizanlagentechniken dargestellt. Bei den Komponenten der Gebäudehülle (Fenster, Dach, Außenwand, Bodenplatte etc.) sind die U-Werte angegeben. Darüber hinaus ist die jeweilige Größe der Solaranlage beschrieben. Wenn die Solaranlage die Vorgaben der EnEV2009 übersteigt, ist neben der Bruttokollektorfläche und dem Volumen des Wärmespeichers auch der solare Deckungsgrad (SD) in Prozent angegeben. Diese Angaben wurden mit Polysun dynamisch simuliert. Bei den Anlagen, welche die DIN-Norm beziehungsweise die EnEV-Vorgaben erfüllen, ist nur die Kollektorfläche (A_c) angegeben. Hier wurde mit Standardwerten der DIN V 4701-10 gerechnet. In der Regel bedeutet dies für die Warmwasserbereitung ein solarthermischer Deckungsgrad von 60-65%, für die Raumheizung einen Wert von 10%.

Zur Erreichung der einzelnen energieeffizienten Gebäudestandards wurde prinzipiell entweder die Solaranlage zur Erhöhung des solaren Deckungsanteils bei vorgegebenem Wärmedämmwert der Gebäudehülle (H_T) vergrößert (Prinzip „mehr Solar-technik“) oder die thermische Qualität der Gebäudehülle auf Passivhaus-Niveau verbessert und dafür die Anlagentechnik „zurückgefahren“ (Prinzip „mehr Dämmung“).

¹⁹ KfW Effizienzhaus Programm 153

Abkürzungen in Tabelle 3 bis 5:

A_C :	Kollektoraperturfläche
$A_{\text{kollektor}}$:	Bruttokollektorfläche
KfW-EH:	KfW-Effizienzhaus
PH:	Passivhaus
PH-Hülle:	Gebäudehülle wie beim Passivhaus
PHPP:	Passivhaus-Projektierungspaket
SD:	solare Deckungsrate in % insgesamt für Warmwasser und Heizung
Solaranlage TW+H:	Solarkombianlage für Trinkwarmwasser und Heizung
Solar TW:	Solaranlage für Trinkwarmwasser
Solar60:	Solaranlage mit 60% solarer Deckungsrate für Warmwasser und Heizung
V_{speicher} :	Speichervolumen

4.1 Variantenbeschreibung Einfamilienhaus

Beim Einfamilienhaus wurden bei der Gebäudehülle die Komponenten Außenwand (A), Außenwand gegen Erdreich (B) und Fenster (C) variiert. (A'), (B') und (C') bedeutet, dass diese Komponenten einen besseren Wärmedämmwert haben als (A), (B) und (C). Dach und Bodenplatte haben bei allen 11 Varianten zum Einfamilienhaus den gleichen U-Wert.

Wärmedämmwerte der Gebäudehülle-Komponenten beim Einfamilienhaus:

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

Die Solaranlagen sind nach Süden ausgerichtet mit einer Neigung von 70°.

Tab. 3: Variantenbeschreibung mit thermischen Qualitäten der Gebäudehülle und Größe der Solaranlage beim Gebäudetyp Einfamilienhaus

Anlagentechnik → Energiestandard ↓	Gas-Brennwert		Pelletkessel	Pelletkessel
	+ Solaranlage TW+H	PH-Hülle	Solaranlage TW+H	Solaranlage TW+H 60% solarer Deckungsanteil
KfW-Effizienzhaus 70	KfW-EH70 Gas-Solar (A) (B) (C) $A_C = 11,7 \text{ m}^2$ (70°)	KfW-EH70 Gas-PHH (A') (B') (C') keine Solaranlage	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-PHH (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 Gas-Solar (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°) $V_{\text{speicher}} = 1,5 \text{ m}^3$

Die Gebäudevarianten mit Passivhaushülle beziehungsweise die Passivhäuser haben bessere U-Werte bei der Außenwand, der Außenwand gegen das Erdreich und den Fenstern. Bei den beiden Varianten zum KfW-Effizienzhaus 55 mit Pellet-Solarheizung (KfW-EH55 Pellet-Solar und KfW-EH55 Pellet-Solar60) wurde mit besseren Dämmwerten für die Fenster (C') gerechnet, um den Energiestandard des KfW-Effizienzhauses 55 zu erreichen. Alle Varianten haben eine Solaranlage, außer dem KfW-Effizienzhaus 70 mit Passivhaushülle und Gasheizung (KfW-EH70 Gas-PHH). Hier wird allein mit Gas geheizt. Die Solaranlagen der anderen 10 Varianten sind exakt nach Süden ausgerichtet und haben eine Neigung von 70°. Das KfW-Effizienzhaus 55 mit Passivhaushülle und Gasheizung (KfW-EH55 Gas-PHH) weist die kleinste Solaranlage (nur für Warmwasser) mit einer Kollektorfläche von $6,5 \text{ m}^2$ auf. Die Solaranlagen mit Heizungsunterstützung, die ebenfalls mit dem Standardverfahren der DIN V 4701-10 gerechnet sind, haben eine Kollektorfläche von $11,7 \text{ m}^2$. Die Anlagen, die einen solaren Deckungsgrad von 60 Prozent erreichen, sind je nach Energiestandard des Gebäudes mit unterschiedlich großen Solaranlagen gerechnet. Hier gilt: Je besser die Dämmung, desto kleiner die Solaranlage. Das nach dem Passivhaus-Projektierungspaket gerechnete Einfamilienhaus (PH

Pellet-Solar60) kommt mit 16 m² Bruttokollektorfläche und einem Wärmespeicher mit 1,5 m³ Fassungsvermögen aus. Im Vergleich dazu beträgt die Bruttokollektorfläche beim KfW-Effizienzhaus 70 (KfW-EH70 Pellet-Solar60) 36 m² und das Speichervolumen 7,3 m³.

4.2 Variantenbeschreibung Doppelhaushälfte

Bei der Doppelhaushälfte wurden neben der Außenwand (A), der Außenwand gegen das Erdreich (B) und der Fenster (C) auch das Dach (D) und die Bodenplatte (E) variiert. Auch hier bedeutet (A' ... E') einen besseren Wärmedämmwert als (A ... E).

Wärmedämmwerte der Gebäudehülle-Komponenten der Doppelhaushälfte:

(A) Außenwand:	$U = 0,18 \text{ bis } 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
(A') Außenwand:	$U = 0,14 \text{ bis } 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
(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:	$U_W = 1,2 \text{ bis } 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}, g = 0,6$
(C') Fenster:	$U_W = 0,8 \text{ bis } 0,83 \text{ W/m}^2\text{K}, g = 0,55$
(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:	$U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die Solaranlagen sind nach Süden ausgerichtet. Die Neigung ist der Architektur geschuldet (Flachdach) und unterscheidet sich bei einzelnen Varianten. Solarflächen mit einer Neigung von 50° (bzw. beim PH Pellet-Solar60 von 60°) sind an der Fassade schräggestellt und Anlagen mit 90°-Neigung in die Fassade integriert. Die jeweilige Neigung der Kollektorfläche ist in der Tabelle angegeben. Wenn die solare Deckungsrate angegeben ist (SD = XX%), dann wurde die Solaranlage mit Polysun simuliert. Ansonsten sind auch hier die Solaranlagen mit den Standardwerten der DIN V 4701-10 gerechnet.

Tab. 4: Variantenbeschreibung mit thermischen Qualitäten der Gebäudehülle und Größe der Solaranlage beim Gebäudetyp Doppelhaushälfte

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

Die Passivhaus-Varianten und die Varianten mit Passivhaus-Hülle haben die besseren Wärmedämmwerte (A' ... E'). Bei den drei Varianten zum KfW-Effizienzhaus 55 (KfW-EH55 Gas-Solar, KfW-EH55 Pellet-Solar, KfW-EH55 Pellet-Solar60) wurden bei der Gebäudehülle nur die Fenster mit den besseren Dämmwerten (C') gerechnet, um den Energiestandard zu erfüllen.

Alle 11 Varianten haben eine Solaranlage.

Auch hier gilt wieder bei den Varianten mit hohem solarem Deckungsgrad (KfW-EH70 Pellet-Solar60, KfW-EH55 Pellet-Solar60, PH Pellet-Solar60) das Prinzip: Je besser die thermische Qualität der Gebäudehülle desto kleiner die Solaranlage. Das gleiche gilt bei allen Varianten mit Gas-Heizung. Die drei Varianten mit Pelletheizung und kleiner Solaranlage (KfW-EH70 Pellet-Solar, KfW-EH55 Pellet-Solar, PH

Pellet-Solar) haben trotz unterschiedlicher Dämmstandards alle eine Kollektorfläche (A_c) von 13 m^2 bei einer Neigung von 90° .

4.3 Variantenbeschreibung Mehrfamilienhaus

Es variieren die U-Werte der Außenwand (A), vom Dachaufgang der Innenwand (B), der Fenster (C), vom Dach bei Eingang und Erker (D) sowie der Decke vom unteren Erker (E). Die Dämmwerte bzw. U-Werte der Kellerdecke und der Decke im Obergeschoss sind bei allen Varianten gleich.

Wärmedämmwerte der Gebäudehülle-Komponenten beim Mehrfamilienhaus:

(A) Außenwand:	$U = 0,15 \text{ bis } 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
(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:	$U_W = 0,74 \text{ bis } 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}, g = 0,61$
(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:	$U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Das Passivhaus hat einen außenliegenden Kellerabgang. Bei den anderen Häusern befindet er sich innenliegend. Die Solaranlagen sind nach Süden ausgerichtet und auf dem Dach mit einer Neigung von 60° aufgeständert. Wenn die solare Deckungsrate angegeben ist ($SD = XX \%$), dann wurde die Solaranlage mit Polysun simuliert, ansonsten sind sie mit Standardwerten der DIN V 4701-10 gerechnet.

Tab. 5: Variantenbeschreibung mit thermischen Qualitäten der Gebäudehülle und Größe der Solaranlage beim Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

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

Wie bei Einfamilienhaus und Doppelhaushälfte sind die Solaranlagen der Varianten mit hohem solarthermischem Deckungsgrad (KfW-EH70 Pellet-Solar60, KfW-EH55 Pellet-Solar60, PH Pellet-Solar60) und der Varianten mit Gasheizung (KfW-EH70 Gas-Solar, KfW-EH55 Gas-Solar, KfW-EH70 Gas-PHH, KfW-EH55 Gas-PHH und PH Gas-Solar) kleiner je besser die Gebäudehülle gedämmt ist. Bei den drei Varianten mit Pelletheizung und kleiner Solaranlage sind die Anlagen gleich groß, trotz unterschiedlicher Dämmwerte.

5. Ergebnisse

Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse sind für die dargestellten Randbedingungen und Berechnungsverfahren gültig. In konkreten Bauprojekten können sich mit den aufgeführten Randbedingungen bei weiterer Optimierung andere Reihenfolgen der Effizienzhäuser ergeben.

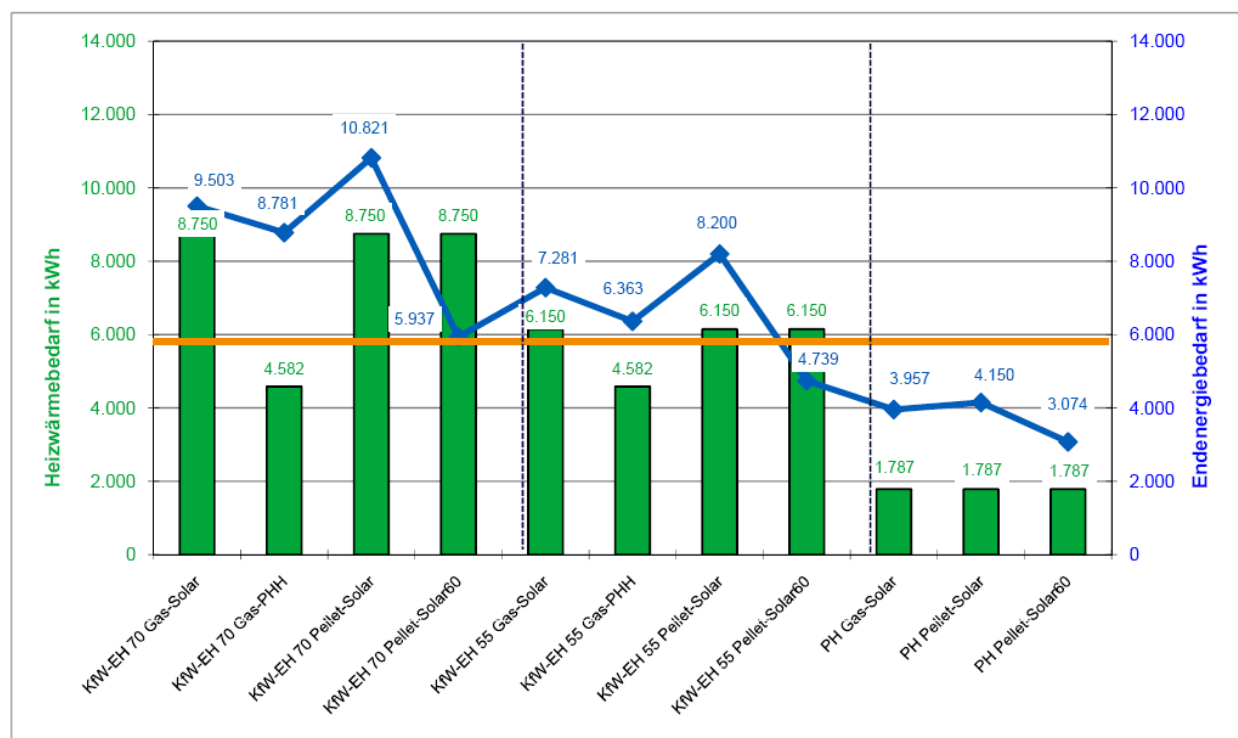
5.1 Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf

Einfamilienhaus

Tab. 6a: Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf der Effizienzhäuser
Gebäudetyp Einfamilienhaus

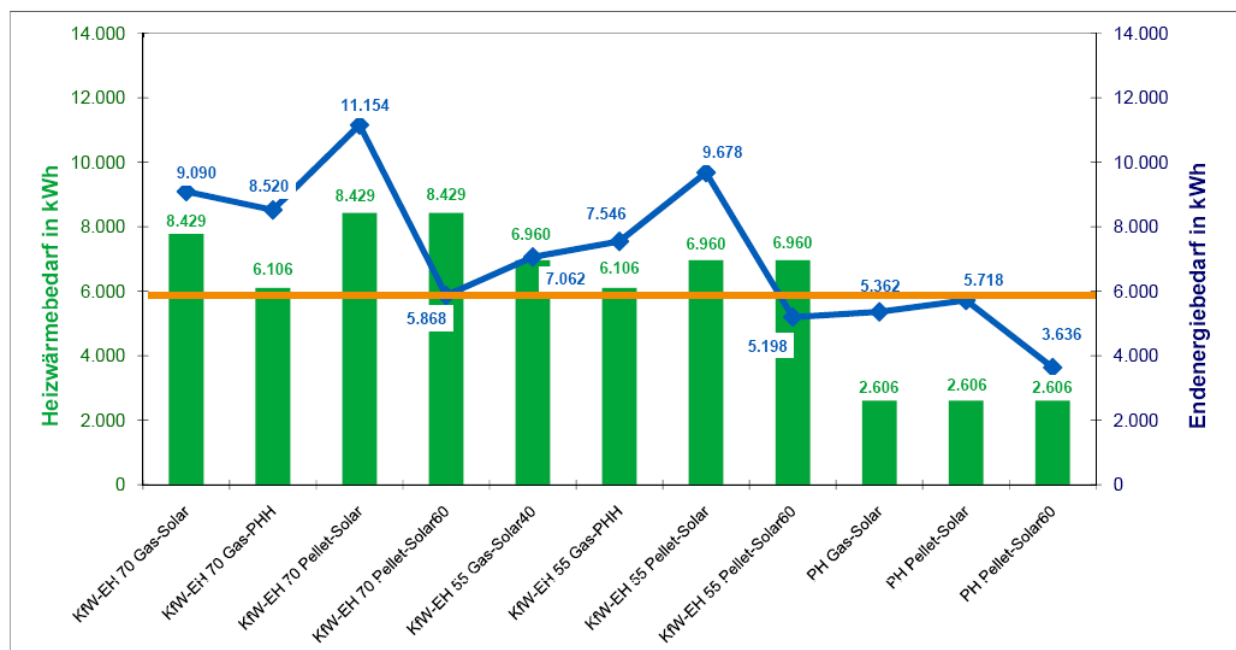
Effizienzhaustyp	Heizwärmebedarf kWh/a	Endenergiebedarf kWh/a
KfW-EH 70 Gas-Solar	8.750	9.503
KfW-EH 70 Gas-PHH	4.582	8.781
KfW-EH 70 Pellet-Solar	8.750	10.821
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	8.750	5.937
KfW-EH 55 Gas-Solar	6.150	7.281
KfW-EH 55 Gas-PHH	4.582	6.363
KfW-EH 55 Pellet-Solar	6.150	8.200
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	6.150	4.739
PH Gas-Solar	1.787	3.957
PH Pellet-Solar	1.787	4.150
PH Pellet-Solar60	1.787	3.074

Grafik 1a: Heizwärme- und Endenergiebedarf von Effizienzhäusern
Gebäudetyp Einfamilienhaus
Orange Linie: Endenergiebedarf des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60



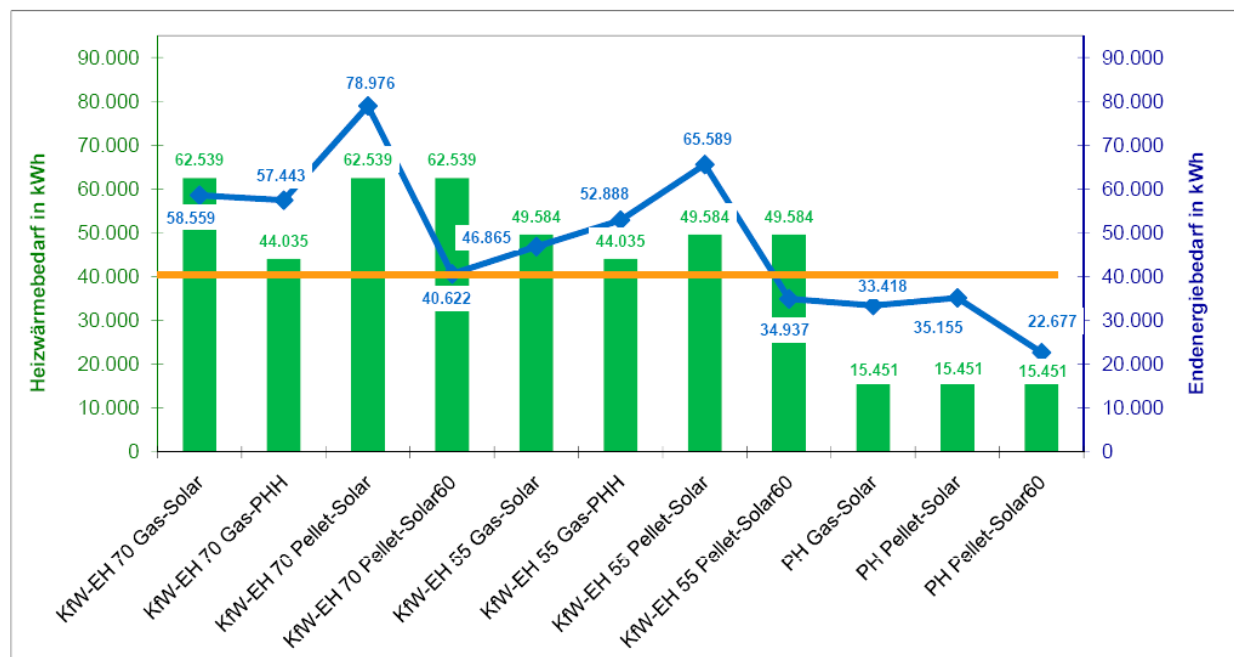
DoppelhaushälfteTab. 6b: Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf der Effizienzhäuser
Gebäudetyp Doppelhaushälfte

Effizienzhaustyp	Heizwärmebedarf kWh / a	Endenergiebedarf kWh / a
KfW-EH 70 Gas-Solar	8.429	9.090
KfW-EH 70 Gas-PHH	6.106	8.520
KfW-EH 70 Pellet-Solar	8.429	11.154
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	8.429	5.868
KfW-EH 55 Gas-Solar40	6.960	7.062
KfW-EH 55 Gas-PHH	6.106	7.546
KfW-EH 55 Pellet-Solar	6.960	9.678
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	6.960	5.198
PH Gas-Solar	2.606	5.362
PH Pellet-Solar	2.606	5.718
PH Pellet-Solar60	2.606	3.636

Grafik 1b: Heizwärme- und Endenergiebedarf von Effizienzhäusern
Gebäudetyp Doppelhaushälfte
Orange Linie: Endenergiebedarf des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60

MehrfamilienhausTab. 6c: Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf der Effizienzhäuser
Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Heizwärmebedarf kWh / a	Endenergiebedarf kWh / a
KfW-EH 70 Gas-Solar	62.539	58.559
KfW-EH 70 Gas-PHH	44.035	57.443
KfW-EH 70 Pellet-Solar	62.539	78.976
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	62.539	40.622
KfW-EH 55 Gas-Solar	49.584	46.865
KfW-EH 55 Gas-PHH	44.035	52.888
KfW-EH 55 Pellet-Solar	49.584	65.589
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	49.584	34.937
PH Gas-Solar	15.451	33.418
PH Pellet-Solar	15.451	35.155
PH Pellet-Solar60	15.451	22.677

Grafik 1c: Heizwärme- und Endenergiebedarf von Effizienzhäusern
Gebäudetyp Mehrfamilienhaus
Orange Linie: Endenergiebedarf des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60

Der Heizwärmebedarf ist eng gekoppelt an die Qualität der Gebäudehülle. Folgerichtig ergibt sich eine Abstufung des Heizwärmebedarfs analog der Effizienzhausstufen EH70, EH55 und Passivhaus, wobei grundsätzlich das Effizienzhaus 70 den höchsten und das Passivhaus den geringsten Heizwärmebedarf aufweist. Aus dieser Reihenfolge scheren das Effizienzhaus 70 und 55 mit weiter optimierter Gebäudehülle (Passivhaushülle) aus. Die Passivhausvarianten müssen gemäß Passivhaus-Projektierungspaket über eine Lüftungsanlage verfügen. Dies ist bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs berücksichtigt. Ersichtlich ist die Reduzierung des Heizwärmebedarfes durch den Einsatz der Lüftungsanlage somit zwischen den Varianten mit optimierter Gebäudehülle (Passivhaushülle, ohne Lüftungsanlage) und den Passivhausvarianten.

In den Endenergiebedarf fließen neben der Qualität der Gebäudehülle auch die Anlagentechnik und der Energieträger ein.

Die Tabellen 6a-c und die Grafiken 1a-c zeigen:

- Den geringsten Endenergiebedarf weisen die Passivhausvarianten auf, zusammen mit dem Effizienzhaustyp 55 in Kombination mit einer Pellet-Heizung und einer Solaranlage, die 60 Prozent solarthermische Deckung erbringt.
- Den absolut geringsten Endenergiebedarf besitzt das Passivhaus in Kombination mit einer Pellet-Heizung und einer Solaranlage, die 60 Prozent solarthermische Deckung erbringt (beste Gebäudehülle kombiniert mit der effizientesten Anlagentechnik).
- Innerhalb der Effizienzhaustypen 70, 55 und Passivhaus weisen die Gebäude jeweils den geringsten Endenergiebedarf auf, die über eine Solaranlage mit 60 Prozent solarthermische Deckung verfügen, auch im Vergleich zu den verbesserten Gebäudehüllen (Passivhaushüllen).
- Das Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60 weist einen geringeren Endenergiebedarf auf, als das Effizienzhaus 70 mit Gasheizung und Passivhaushülle und auch als das Effizienzhaus 55 Gas-Passivhaushülle.

Fazit: Effizienzhäuser mit hohem solarem Deckungsgrad weisen einen geringeren Endenergiebedarf auf als Gebäude, die verstärkt auf die Gebäudehülle und weniger Anlagentechnik setzen. Sie sind damit für die Nutzer sparsamer.

➔ „Mehr Solarthermie“ ist effizienter als nur „Dämmung“.

5.2 Primärenergiebedarf und CO₂-Ausstoß

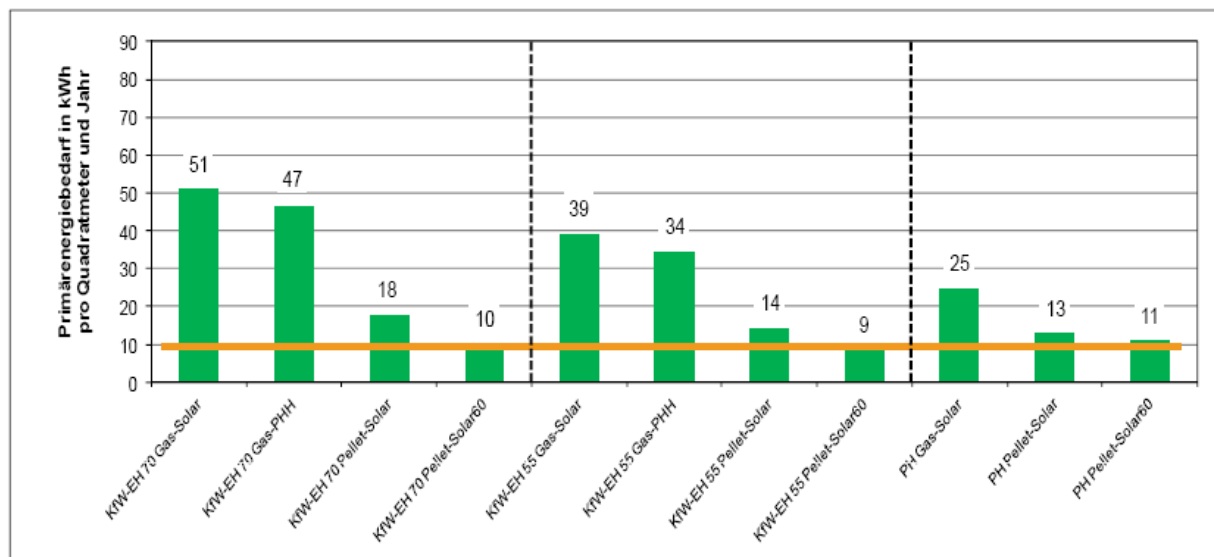
Der Primärenergiebedarf bezieht neben der Effizienz und der Anlagentechnik, auch die Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung des Energieträgers bis zum Gebäude mit ein. Er kann damit als ökologische Kenngröße und als Maßstab für die Gesamteffizienz eines Gebäudes im Sinne der EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ betrachtet werden.

Einfamilienhaus

Tab. 7a: Primärenergiebedarf der Effizienzhäuser – Gebäudetyp Einfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Primärenergiebedarf gesamt in kWh/a	Primärenergiebedarf pro m ² EnEV- Nutzfläche* in kWh/ m ² +a
KfW-EH 70 Gas-Solar	10.809	51
KfW-EH 70 Gas-PHH	9.915	47
KfW-EH 70 Pellet-Solar	3.733	18
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	2.157	10
KfW-EH 55 Gas-Solar	8.329	39
KfW-EH 55 Gas-PHH	7.313	34
KfW-EH 55 Pellet-Solar	3.025	14
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	1.836	9
PH Gas-Solar	5.223	25
PH Pellet-Solar	2.738	13
PH Pellet-Solar60	2.270	11
* ENEV Nutzfläche = 213 m ²		

Grafik 2a: Primärenergiebedarf von Effizienzhäusern pro Quadratmeter Nutzfläche
Gebäudetyp Einfamilienhaus
Orange Linie: Primärenergiebedarf des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60

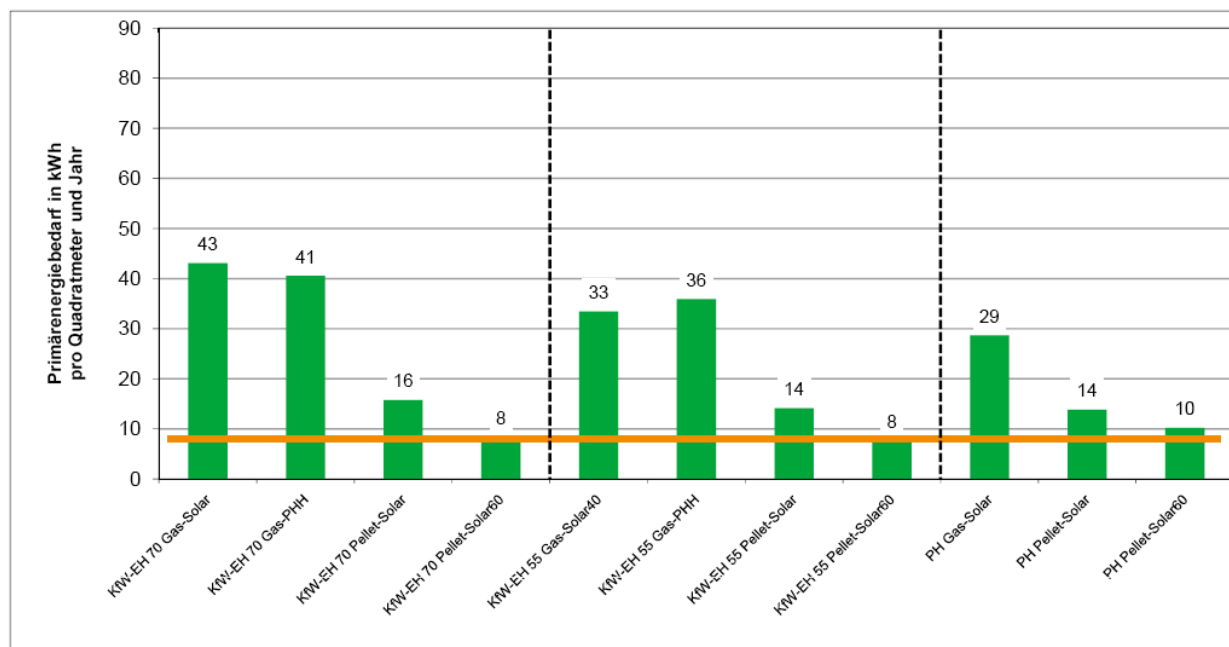


Doppelhaushälfte

Tab. 7b: Primärenergiebedarf der Effizienzhäuser – Gebäudetyp Doppelhaushälfte

Effizienzhaustyp	Primärenergiebedarf gesamt in kWh/a	Primärenergiebedarf pro m ² EnEV- Nutzfläche* in kWh/ m ² +a
KfW-EH 70 Gas-Solar	10.329	43
KfW-EH 70 Gas-PHH	9.717	41
KfW-EH 70 Pellet-Solar	3.781	16
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	2.022	8
KfW-EH 55 Gas-Solar40	8.018	34
KfW-EH 55 Gas-PHH	8.605	36
KfW-EH 55 Pellet-Solar	3.390	14
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	1.845	8
PH Gas-Solar	6.866	29
PH Pellet-Solar	3.316	14
PH Pellet-Solar60	2.456	10
* ENEV Nutzfläche = 240 m ²		

Grafik 2b: Primärenergiebedarf von Effizienzhäusern pro Quadratmeter Nutzfläche
Gebäudetyp Doppelhaushälfte
Orange Linie: Primärenergiebedarf des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60



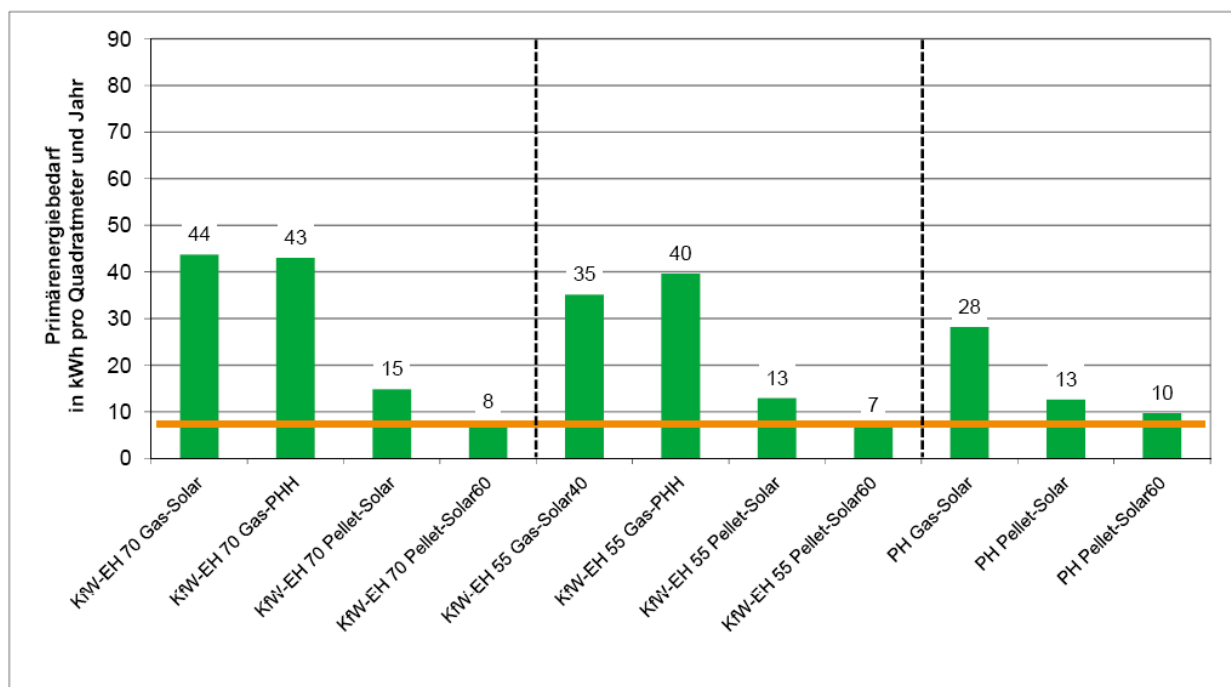
Mehrfamilienhaus

Tab. 7c: Primärenergiebedarf der Effizienzhäuser – Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Primärenergiebedarf gesamt in kWh/a	Primärenergiebedarf pro m ² EnEV- Nutzfläche* in kWh / m ² +a
KfW-EH 70 Gas-Solar	65.907	44
KfW-EH 70 Gas-PHH	64.775	43
KfW-EH 70 Pellet-Solar	22.325	15
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	11.948	8
KfW-EH 55 Gas-Solar	52.938	35
KfW-EH 55 Gas-PHH	59.696	40
KfW-EH 55 Pellet-Solar	19.485	13
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	10.733	7
PH Gas-Solar	42.430	28
PH Pellet-Solar	18.944	13
PH Pellet-Solar60	14.556	10

* ENEV Nutzfläche = 1.507 m²

Grafik 2c: Primärenergiebedarf von Effizienzhäusern pro Quadratmeter Nutzfläche
Gebäudetyp Mehrfamilienhaus
Orange Linie: Primärenergiebedarf des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60



Die Passivhausvarianten müssen gemäß Passivhaus-Projektierungspaket über eine Lüftungsanlage verfügen. Dies ist bei der Ermittlung des Primärenergiebedarfs berücksichtigt.

Die Tabellen 7a-c und die Grafiken 2a-c zeigen:

- Effizienzhäuser mit hohem solarthermischem Deckungsgrad (SD 60%) weisen den geringsten Primärenergiebedarf auf.
- Das KfW-Effizienzhaus 70 mit einer solarthermischen Deckung von 60% weist einen deutlich geringeren Primärenergiebedarf auf, als ein Passivhaus mit der Heizungsvariante Gas-Solar oder ein Passivhaus mit der Heizungsvariante Pellet-Solar.
- Das KfW-Effizienzhaus 70 mit einer solarthermischen Deckung von 60% weist einen vergleichbaren Primärenergiebedarf, auf wie ein Passivhaus mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60.
- Das KfW-Effizienzhaus 55 mit einer solarthermischen Deckung von 60% weist einen geringeren Primärenergiebedarf auf, wie ein Passivhaus mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60.
- Das KfW-Effizienzhaus 70 mit einer solarthermischen Deckung von 60% unterschreitet den Primärenergiebedarf des Passivhauses Heizungsvariante Gas-Solar um mehr als 60%.

Die Anforderungen der einzelnen KfW-Effizienzhausstufen legen nicht nur Schwellenwerte für den Primärenergiebedarf fest, sondern auch für den Transmissionswärmeverlust (H_T') eines Gebäudes. D.h. die Effizienz der Anlagentechnik und die Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle sind kombiniert.

Fazit: Die KfW-Effizienzhäuser 70 und 55 mit hohem solarem Deckungsgrad weisen einen wesentlich geringeren Primärenergiebedarf auf als Gebäude, die verstärkt auf die Gebäudehülle und weniger Anlagentechnik setzen.

➔ „Mehr Solartechnik“ erzielt einen geringeren Primärenergiebedarf als „Mehr Dämmung“ und ist damit ökologischer.

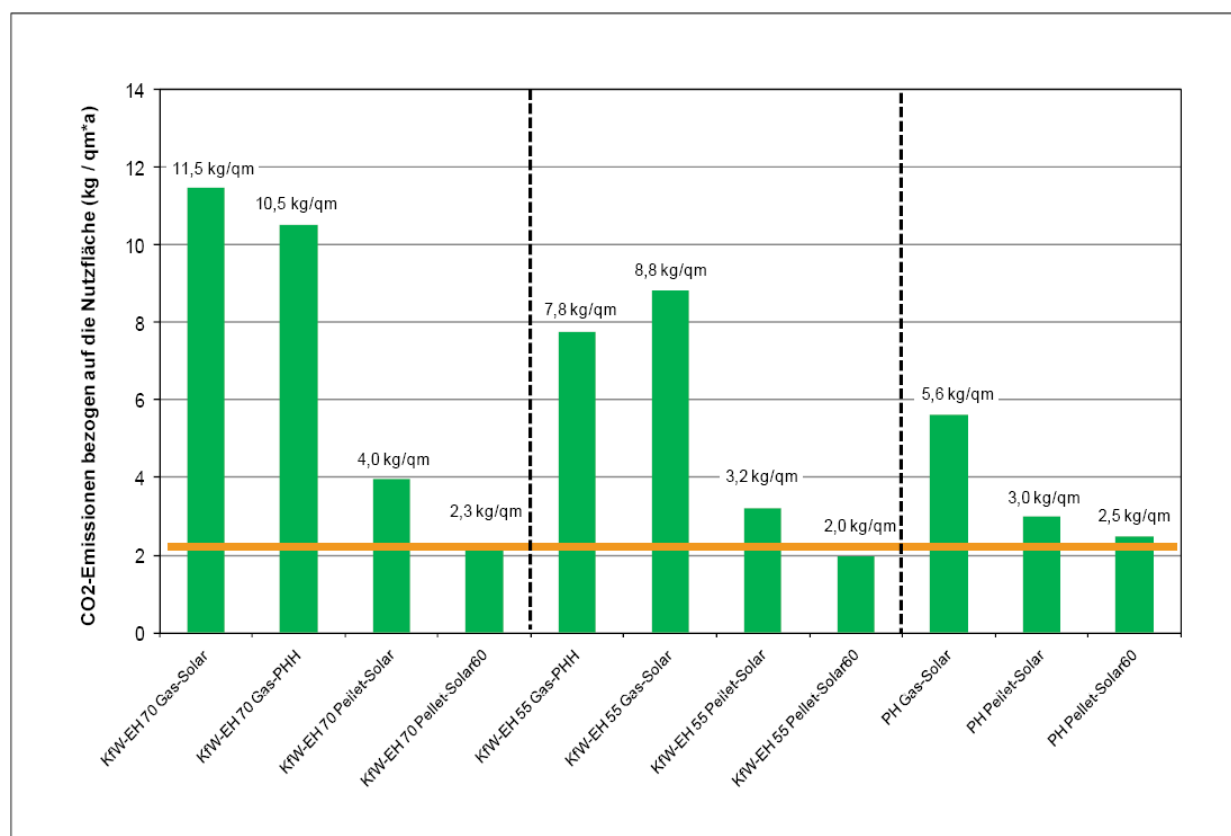
Über den Primärenergiebedarf kann auch der CO₂-Ausstoß der Gebäude ermittelt werden.

EinfamilienhausTab. 8a CO₂-Ausstoß der Effizienzhäuser – Gebäudetyp Einfamilienhaus

Effizienzhaustyp	CO ₂ -Emissionen gesamt in kg / a	CO ₂ -Emissionen pro m ² EnEV- Nutzfläche * in kg / a
KfW-EH 70 Gas-Solar	2.435	11,5
KfW-EH 70 Gas-PHH	2.232	10,5
KfW-EH 70 Pellet-Solar	841	4,0
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	487	2,3
KfW-EH 55 Gas-Solar	1.877	8,8
KfW-EH 55 Gas-PHH	1.649	7,8
KfW-EH 55 Pellet-Solar	684	3,2
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	416	2,0
PH Gas-Solar	1.192	5,6
PH Pellet-Solar	635	3,0
PH Pellet-Solar60	528	2,5

* ENEV Nutzfläche = 213 m²

Grafik 3a: CO₂-Ausstoß von Effizienzhäusern pro Quadratmeter Nutzfläche
 Gebäudetyp Einfamilienhaus
 Orange Linie: CO₂-Ausstoß des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet Solar60

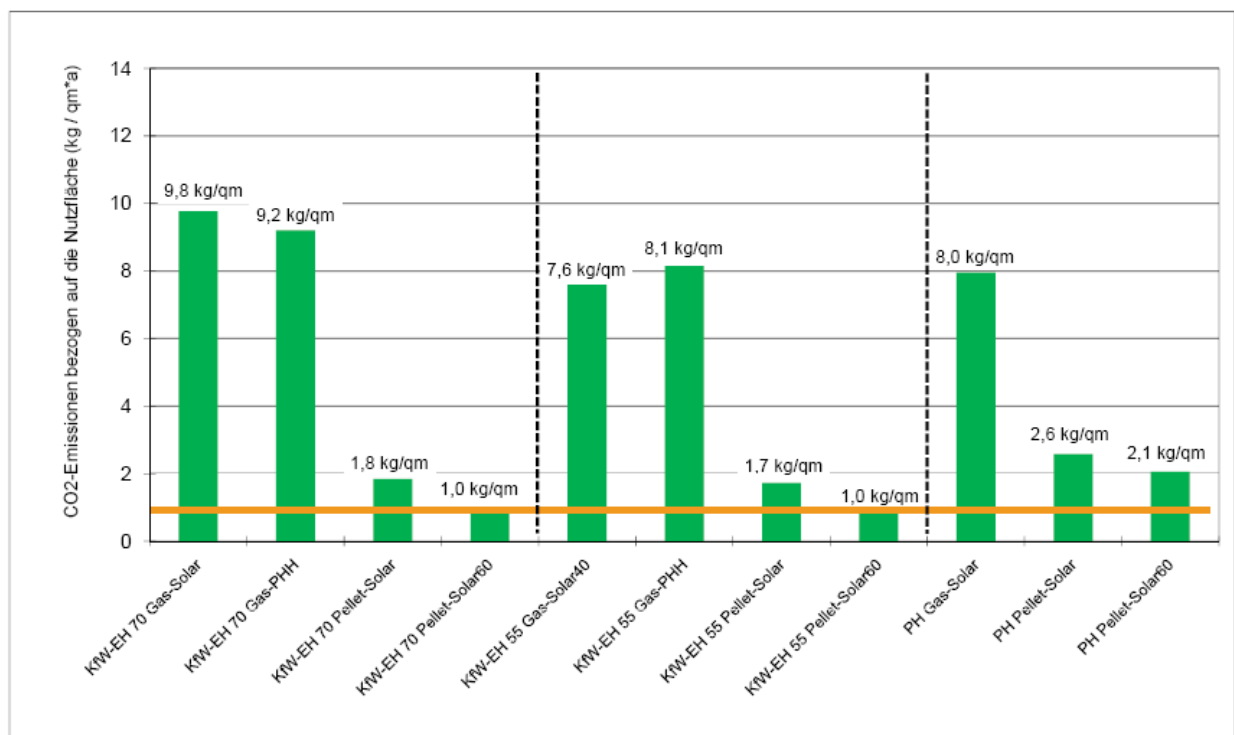


DoppelhaushälfteTab. 8b CO₂-Ausstoß der Effizienzhäuser – Gebäudetyp Doppelhaushälfte

Effizienzhaustyp	CO ₂ -Emissionen gesamt in kg / a	CO ₂ -Emissionen pro m ² EnEV- Nutzfläche * in kg / a
KfW-EH 70 Gas-Solar	2.341	9,8
KfW-EH 70 Gas-PHH	2.205	9,2
KfW-EH 70 Pellet-Solar	441	1,8
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	241	1,0
KfW-EH 55 Gas-Solar40	1.819	7,6
KfW-EH 55 Gas-PHH	1.952	8,1
KfW-EH 55 Pellet-Solar	414	1,7
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	229	1,0
PH Gas-Solar	1.908	8,0
PH Pellet-Solar	618	2,6
PH Pellet-Solar60	492	2,1

* ENEV Nutzfläche = 240 m²

Grafik 3b: CO₂-Ausstoß von Effizienzhäusern pro Quadratmeter Nutzfläche
 Gebäudetyp Doppelhaushälfte
 Orange Linie: CO₂-Ausstoß des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet Solar60

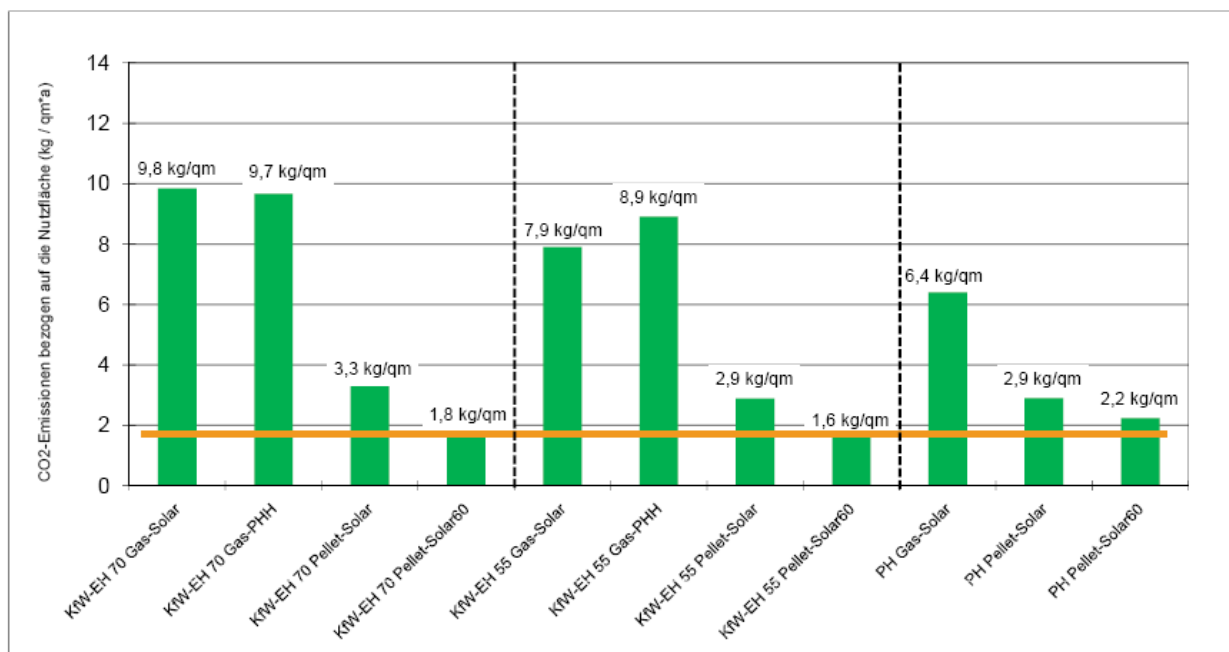


MehrfamilienhausTab. 8c CO₂-Ausstoß der Effizienzhäuser – Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	CO ₂ -Emissionen gesamt in kg / a	CO ₂ -Emissionen pro m ² EnEV- Nutzfläche * in kg / a
KfW-EH 70 Gas-Solar	14.832	9,8
KfW-EH 70 Gas-PHH	14.580	9,7
KfW-EH 70 Pellet-Solar	4.958	3,3
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	2.661	1,8
KfW-EH 55 Gas-Solar	11.918	7,9
KfW-EH 55 Gas-PHH	13.438	8,9
KfW-EH 55 Pellet-Solar	4.343	2,9
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	2.398	1,6
PH Gas-Solar	9.653	6,4
PH Pellet-Solar	4.361	2,9
PH Pellet-Solar60	3.372	2,2

* ENEC Nutzfläche = 1507 m²

Grafik 3c: CO₂-Ausstoß von Effizienzhäusern pro Quadratmeter Nutzfläche
 Gebäudetyp Mehrfamilienhaus
 Orange Linie: CO₂-Ausstoß des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet Solar60



Die Tabellen 8a-c und die Grafiken 3a-c zeigen:

- Die KfW-Effizienzhäuser 70, 55 und das Passivhaus weisen, jeweils in Kombination mit einer Kollektoranlage mit einer solarthermischen Deckung von 60%, den geringsten CO₂-Ausstoß auf. Er liegt bei allen 3 Gebäudetypen (EFH, DHH, MFH) unter 3 kg CO₂-Ausstoß pro Quadratmeter Nutzfläche.
- Das KfW-Effizienzhaus 70 mit einer solarthermischen Deckung von 60% besitzt einen um den Faktor 2-3 geringeren CO₂-Ausstoß als ein Passivhaus mit der Heizungsvariante Gas-Solar. Dieser Vergleich weist im Gebäudetyp Doppelhaushälfte sogar den Faktor 8 zu Gunsten des Effizienzhauses 70 Pellet-Solar60 auf.

Fazit: Effizienzhäuser kombiniert mit einer Heizung, die einen hohen solaren Deckungsgrad aufweist, verfügen über einen deutlich geringeren CO₂-Ausstoß als Gebäude, die verstärkt auf die Gebäudehülle und weniger Anlagentechnik setzen.

Mit dem niedrigsten Effizienzhausstandard (EH 70) können die Primärenergiewerte der Effizienzhäuser mit der besten Gebäudehülle deutlich übertroffen werden, wenn er mit einem hohen solarthermischem Deckungsgrad kombiniert wird.

Effizienzhäuser mit hohem solarthermischem Deckungsgrad erfordern im Vergleich zu den Gebäudevarianten mit einer Pellet- und Solarheizung nach DIN V 4701-10 einen geringeren Einsatz des Rohstoffes Pellets. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Rohstoff Pellets ein begrenzter Rohstoff ist. Effizienzhäuser mit hohem solarthermischem Deckungsgrad sind dadurch nachhaltiger und schneiden auch mit einem geringeren Primärenergiebedarf ab.

➔ „Mehr Solartechnik“ bringt höhere CO₂-Einsparungen als „Mehr Dämmung“.

5.3 Wirtschaftlichkeit der Effizienzhäuser

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt nach VDI 2067. Folgende Eingangsparameter liegen zugrunde:

Tab. 9: Eingangsparameter für Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067

▪ Energiekosten	Gas 0,065 €/kWh Hi* + 144 €/a Pellet 0,26 €/kg Strom 0,22 €/kWh + 72 €/a
▪ Energiepreissteigerung	4% und 8% p.a.
▪ Nutzungsdauer	20 Jahre
▪ Finanzierung	Kredit Zinssatz 4%, Kreditlaufzeit 10 Jahre
▪ Wartungskosten (bezogen auf die Investitionskosten)	Gasheizung 1% p.a. Solaranlage 0,5% bis 1% p.a. je nach Anlagengröße Pelletheizung 2% p.a. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 2% p.a. Preissteigerung Wartungskosten 3% p.a.
	*Heizwert Hi

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden die Investitionskosten als energetisch bedingte Mehrkosten bezogen auf eine Basis-Variante ermittelt. Als Basis-Variante dient das KfW-Effizienzhaus 70 mit Gasbrennwertheizung und Solaranlage für Trinkwarmwasser und Heizung nach DIN-Standardwerten.

Zur Analyse der Wirtschaftlichkeit werden die jährliche Annuität (Finanzierungskosten), die Energiekosteneinsparung und die daraus resultierenden effektiven Mehrkosten betrachtet.

Die folgenden Tabellen und Grafiken zeigen somit das „Mehr“ an Energiekosteneinsparung, die „Mehrkosten“ der Finanzierung (Annuität) und damit das „Mehr“ an effektiven jährlichen Kosten.

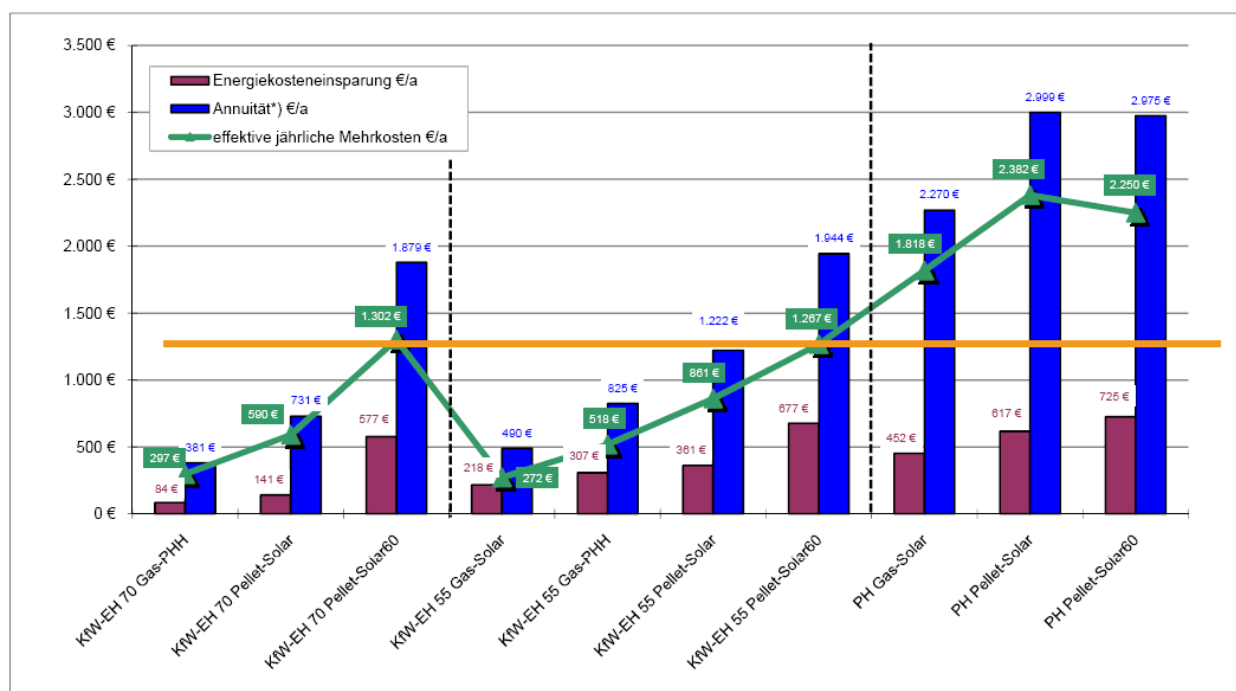
Einfamilienhaus

Tab. 10a: Energiekosteneinsparung, Annuität und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Einfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Energiekosteneinsparung in €/a	Annuität in €/a	effektive jährliche Mehrkosten in €/a
KfW-EH 70 Gas-PHH	84	381	297
KfW-EH 70 Pellet-Solar	141	731	590
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	577	1.879	1.302
KfW-EH 55 Gas-Solar40	218	490	272
KfW-EH 55 Gas-PHH	307	825	518
KfW-EH 55 Pellet-Solar	361	1.222	861
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	677	1.944	1.267
PH Gas-Solar	452	2.270	1.818
PH Pellet-Solar	617	2.999	2.382
PH Pellet-Solar60	725	2.975	2.250

Grafik 4a: Jährliche Mehrkosten von Effizienzhäusern in Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar – Energiepreissteigerung 4%
Gebäudetyp Einfamilienhaus

Orange Linie: effektive jährliche Mehrkosten des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60



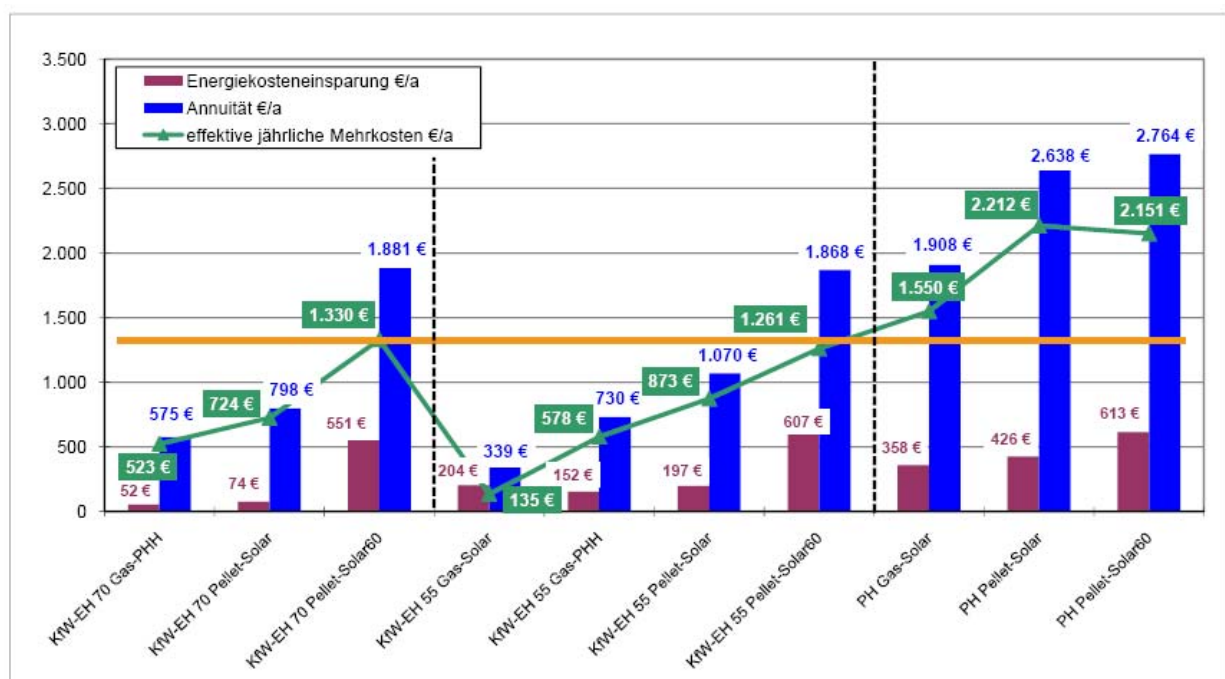
Doppelhaushälfte

Tab. 10b: Energiekosteneinsparung, Annuität und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Doppelhaushälfte

Effizienzhaustyp	Energiekosteneinsparung in €/a	Annuität in €/a	effektive jährliche Mehrkosten in €/a
KfW-EH 70 Gas-PHH	52	575	523
KfW-EH 70 Pellet-Solar	74	798	724
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	551	1.881	1.330
KfW-EH 55 Gas-Solar40	204	339	135
KfW-EH 55 Gas-PHH	152	730	578
KfW-EH 55 Pellet-Solar	197	1.070	873
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	607	1.868	1.261
PH Gas-Solar	358	1.908	1.550
PH Pellet-Solar	426	2.638	2.212
PH Pellet-Solar60	613	2.764	2.151

Grafik 4b: Jährliche Mehrkosten von Effizienzhäusern in Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar – Energiepreissteigerung 4%
Gebäudetyp Doppelhaushälfte

Orange Linie: effektive jährliche Mehrkosten des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60



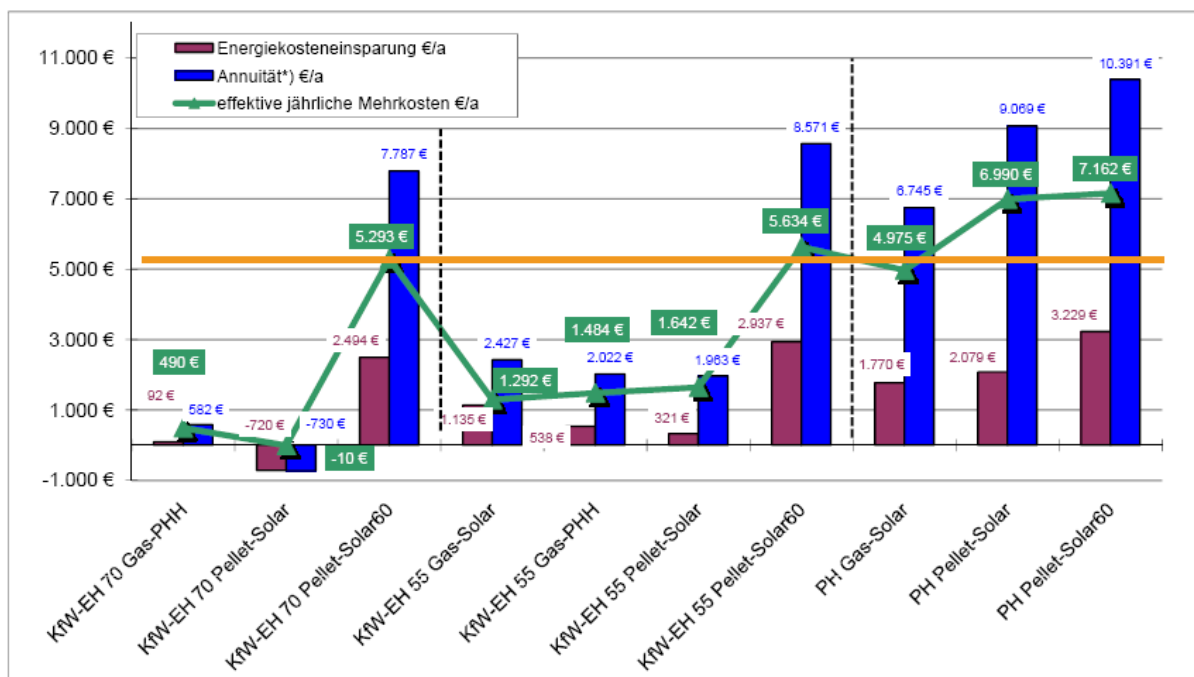
Mehrfamilienhaus

Tab. 10c: Energiekosteneinsparung, Annuität und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Energie- kostenein- sparung in €/a	Annuität in €/a	effektive jährliche Mehrkosten in €/a
KfW-EH 70 Gas-PHH	92	582	490
KfW-EH 70 Pellet-Solar*	-720	-730	-10
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	2.494	7.787	5.293
KfW-EH 55 Gas-Solar40	1.135	2.427	1.292
KfW-EH 55 Gas-PHH	538	2.022	1.484
KfW-EH 55 Pellet-Solar	321	1.963	1.642
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	2.937	8.571	5.634
PH Gas-Solar	1.770	6.745	4.975
PH Pellet-Solar	2.079	9.069	6.990
PH Pellet-Solar60	3.229	10.391	7.162

* Das KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar schneidet günstiger ab, als die Vergleichsvariante KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar. Daraus ergeben sich die negativen Werte.

Grafik 4c: Jährliche Mehrkosten von Effizienzhäusern in Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar – Energiepreissteigerung 4%
Gebäudetyp Mehrfamilienhaus
Orange Linie: effektive jährliche Mehrkosten des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60



Die Tabellen 10a-c und die Grafiken 4a-c zeigen:

- Die Finanzierungskosten (Annuität) bei allen Effizienzhausvarianten übersteigen die jährliche Einsparung an Energiekosten. D.h. keine der untersuchten Varianten ist im Betrachtungszeitraum 20 Jahre und einer Energiepreissteigerung von 4% „wirtschaftlich“. Eine Ausnahme bildet bei Mehrfamilienhäusern das KfW-Effizienzhaus EH70 Pellet-Solar.
- Die höchste Energiekosteneinsparung besitzt die optimierte Gebäudehülle des Passivhauses kombiniert mit den Heizungsvarianten Pellet-Solar und Pellet-Solar60 und die Effizienzhäuser 70 und 55 kombiniert mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60.
- Die höchsten effektiven Mehrkosten verursacht die optimierte Gebäudehülle des Passivhauses kombiniert mit den Heizungsvarianten Pellet-Solar60.
- Die KfW-Effizienzhäuser 70 und 55 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 führen zu deutlich geringeren effektiven Mehrkosten als die optimierte Gebäudehülle des Passivhauses mit den Heizungsvarianten Gas-Solar, Pellet-Solar und Pellet-Solar60. D.h. beide Varianten (KfW-EH70 Pellet-Solar60 und KfW-EH55 Pellet-Solar60) sind wirtschaftlicher. Eine Ausnahme bildet hierbei das Mehrfamilienhaus Heizungsvariante Gas-Solar, die günstiger abschneidet.

Fazit: Eine aufwendigere Anlagentechnik und eine sehr weit optimierte Gebäudehülle führen im Vergleich zu einem Effizienzhaus 70 mit Gas-Solar-Heizung zu deutlichen Mehrkosten, aber auch zu einem deutlich geringeren Primärenergiebedarf.

Die sehr weit optimierte Gebäudehülle des Passivhauses führt zu den größten effektiven Mehrinvestitionen, unabhängig von der Heizungstechnik.

Effizienzhäuser einschließlich Passivhäuser, die eine Heizung mit hohem solarem Deckungsgrad besitzen, führen zu den höchsten Einsparungen an Energiekosten.

Die Kombination aus guter Gebäudehülle (EH 70 + 55) und der Heizungsvariante mit hohem solarthermischem Deckungsgrad sind in der Finanzierung wirtschaftlicher als die Gebäudevarianten mit sehr stark optimierter Gebäudehülle (Passivhausvarianten) und erzielen zudem (in der Regel) eine höhere CO₂-Einsparung.

➔ „Mehr Solartechnik“ ist wirtschaftlicher als „Mehr Dämmung“.

5.4 Primärenergieeinsparung und Mehrkosten

Zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Klimaschutzmaßnahmen werden bei den einzelnen Effizienzhäusern die Primärenergieeinsparung berechnet und die Mehrkosten ermittelt. Als Vergleichsbasis dient wieder das KfW-Effizienzhaus 70 mit der Heizungsvariante Gas-Solar.

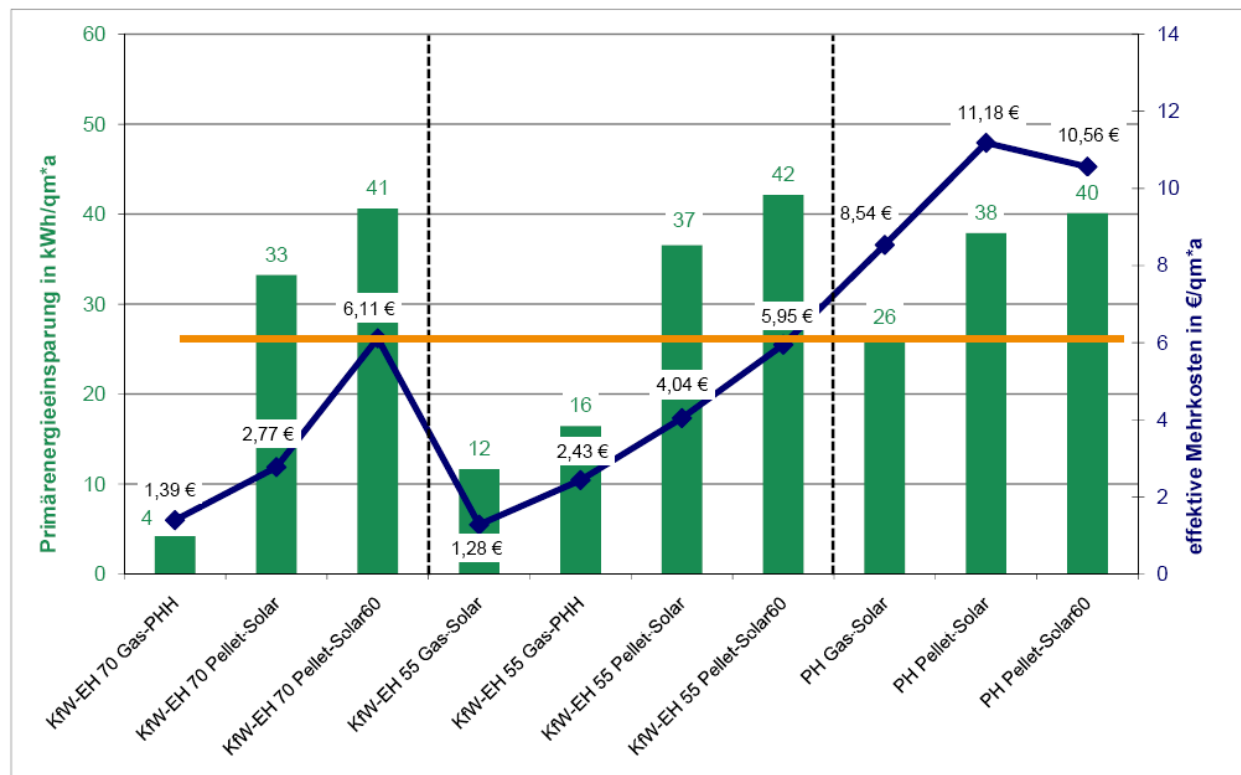
Die Tabellen 11a-c und die Grafiken 5a-c stellen somit das „Mehr“ an Primärenergieeinsparung und das „Mehr“ Kosten für die Gebäudehülle und Anlagentechnik dar. Dieser Vergleich ermöglicht eine Aussage zur Wirtschaftlichkeit der mit den dargestellten Effizienzhäuser verfolgten Klimaschutzstrategien („Mehr Dämmung“ oder „Mehr Solarthermie“).

Einfamilienhaus

Tab. 11a: Primärenergieeinsparung und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Einfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Primär- energie- bedarf absolut kWh/a	Primär- energie- ein- sparung absolut kWh/a	Primär- energieein- sparung bezogen auf die Nutzfläche kWh/qm*a	effektive jährliche Mehrkosten absolut €/a	effektive jährliche Mehrkosten bezogen auf die Nutzfläche €/qm*a	Verhältnis Primär- energieein- sparung zu Mehrkosten bezogen auf die Nutzfläche €/kWh*qm*a
KfW-EH 70 Gas-Solar	10.809	-	-	-	-	-
KfW-EH 70 Gas-PHH	9.915	894	4	297	1,39	0,33
KfW-EH 70 Pellet-Solar	3.733	7.076	33	590	2,77	0,08
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	2.157	8.652	41	1.302	6,11	0,15
KfW-EH 55 Gas-Solar40	8.329	2.480	12	272	1,28	0,11
KfW-EH 55 Gas-PHH	7.313	3.496	16	518	2,43	0,15
KfW-EH 55 Pellet-Solar	3.025	7.784	37	861	4,04	0,11
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	1.836	8.973	42	1.267	5,95	0,14
PH Gas-Solar	5.223	5.586	26	1.818	8,54	0,33
PH Pellet-Solar	2.738	8.071	38	2.382	11,18	0,30
PH Pellet-Solar60	2.270	8.539	40	2.250	10,56	0,26
* ENEV Nutzfläche = 213 m ²						

Grafik 5a: Primärenergieeinsparung und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Einfamilienhaus
Orange Linie: effektive jährliche Mehrkosten des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60

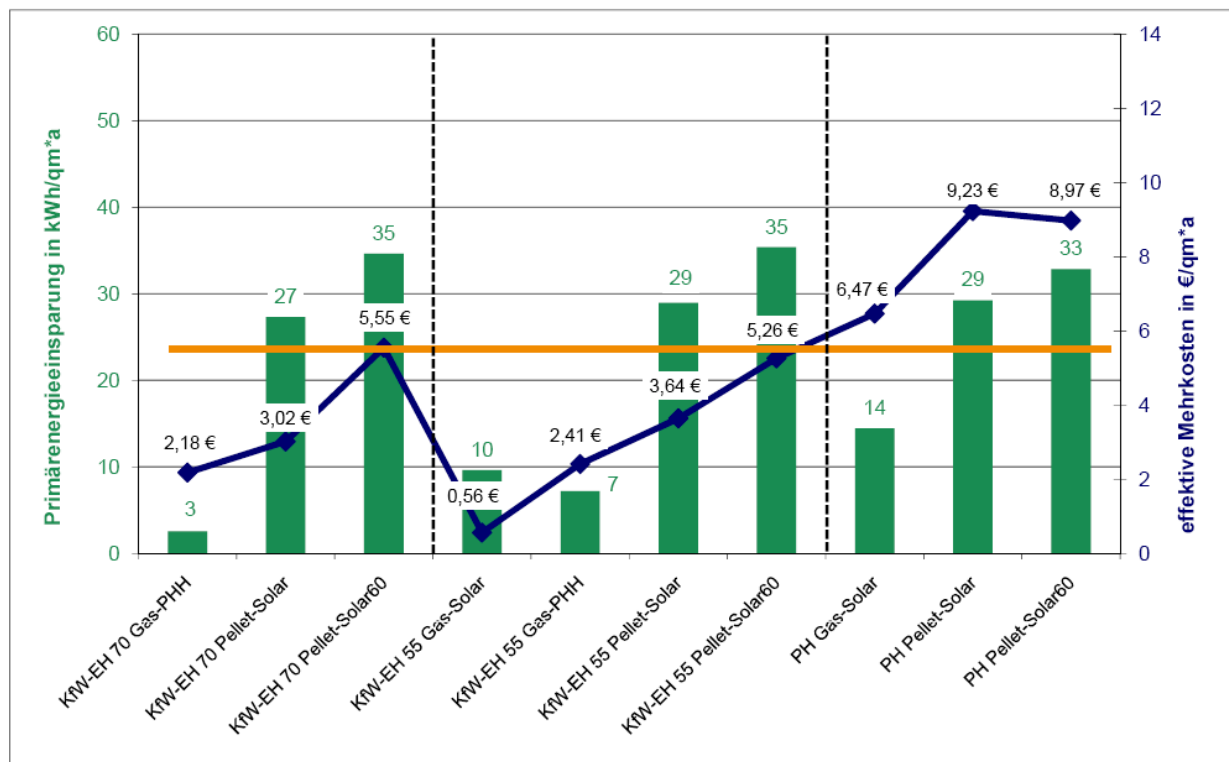


Doppelhaushälfte

Tab. 11b: Primärenergieeinsparung und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Doppelhaushälfte

Effizienzhaustyp	Primär- energie- bedarf absolut kWh/a	Primär- energie- ein- sparung absolut kWh/a	Primär- energieein- sparung bezogen auf die Nutzfläche kWh/qm*a	effektive jährliche Mehrkosten absolut €/a	effektive jährliche Mehrkosten bezogen auf die Nutzfläche €/qm*a	Verhältnis Primär- energieein- sparung zu Mehrkosten bezogen auf die Nutzfläche €/kWh*qm*a
KfW-EH 70 Gas-Solar	10.329	-	-	-	-	-
KfW-EH 70 Gas-PHH	9.717	612	3	523	2,18	0,85
KfW-EH 70 Pellet-Solar	3.781	6.548	27	724	3,02	0,11
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	2.022	8.307	35	1.330	5,55	0,16
KfW-EH 55 Gas-Solar40	8.018	2.311	10	135	0,56	0,06
KfW-EH 55 Gas-PHH	8.605	1.724	7	578	2,41	0,34
KfW-EH 55 Pellet-Solar	3.390	6.939	29	873	3,64	0,13
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	1.845	8.484	35	1.261	5,26	0,15
PH Gas-Solar	6.866	3.463	14	1.550	6,47	0,45
PH Pellet-Solar	3.316	7.013	29	2.212	9,23	0,32
PH Pellet-Solar60	2.456	7.873	33	2.151	8,97	0,27
* ENEV Nutzfläche = 240 m ²						

Grafik 5b: Primärenergieeinsparung und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Doppelhaushälfte
Orange Linie: effektive jährliche Mehrkosten des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60

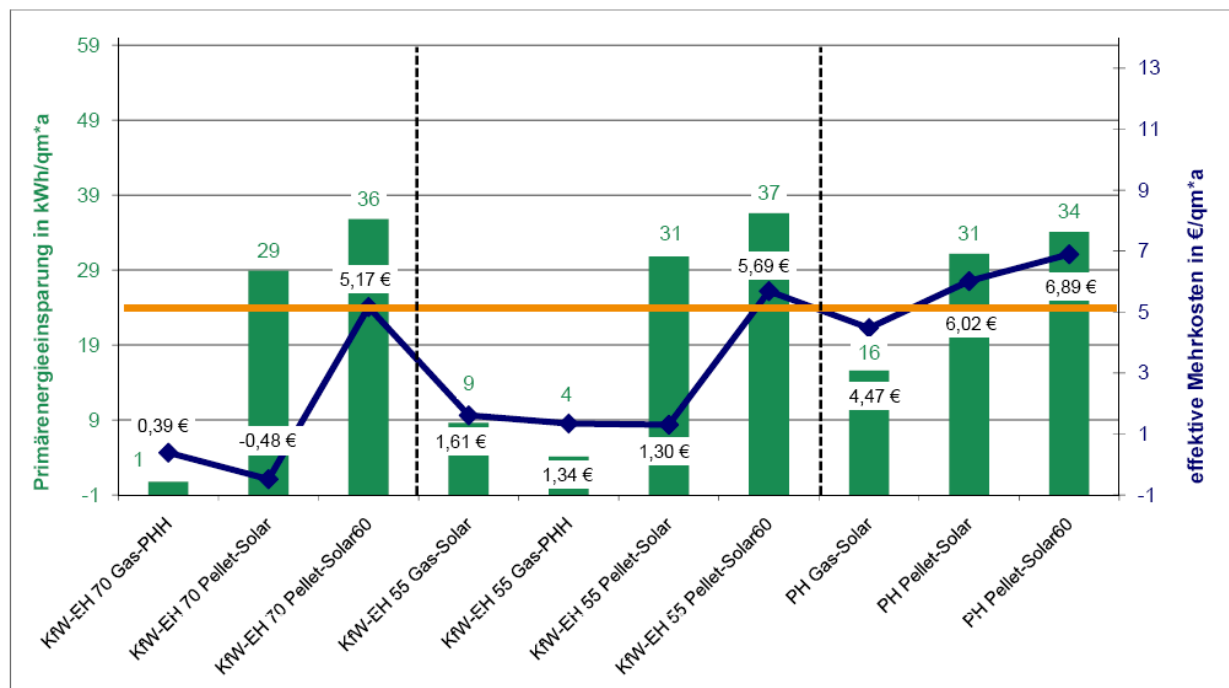


Mehrfamilienhaus

Tab. 11c: Primärenergieeinsparung und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Primär- energie- bedarf absolut kWh/a	Primär- energie- ein- sparung absolut kWh/a	Primär- energieein- sparung bezogen auf die Nutzfläche kWh/qm * a	effektive jährliche Mehrkosten absolut €/a	effektive jährliche Mehrkosten bezogen auf die Nutzfläche €/qm * a	Verhältnis Primär- energieein- sparung zu Mehrkosten bezogen auf die Nutzfläche €/kWh * qm * a
KfW-EH 70 Gas-Solar	65.907	-	-	-	-	-
KfW-EH 70 Gas-PHH	64.775	1.132	1	582	0,39	0,51
KfW-EH 70 Pellet-Solar	22.325	43.582	29	-730	-0,48	-0,02
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	11.948	53.959	36	7.787	5,17	0,14
KfW-EH 55 Gas-Solar40	52.938	12.969	9	2.427	1,61	0,19
KfW-EH 55 Gas-PHH	59.696	6.211	4	2.022	1,34	0,33
KfW-EH 55 Pellet-Solar	19.485	46.422	31	1.963	1,30	0,04
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	10.733	55.174	37	8.571	5,69	0,16
PH Gas-Solar	42.430	23.477	16	6.745	4,47	0,29
PH Pellet-Solar	18.944	46.963	31	9.069	6,02	0,19
PH Pellet-Solar60	14.556	51.351	34	10.391	6,89	0,20
* ENEV Nutzfläche = 1507 m ²						

Grafik 5c: Primärenergieeinsparung und effektive jährliche Mehrkosten der Effizienzhäuser im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar und einer Preissteigerung von 4% – Gebäudetyp Mehrfamilienhaus
Orange Linie: effektive jährliche Mehrkosten des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60



Die Tabellen 11a-c und die Grafik 5a-c zeigen:

- Die höchste Primärenergie-Einsparung besitzen die Effizienzgebäude EH70 und EH 55, die über eine Heizung mit hohem solarthermischem Deckungsgrad verfügen. Die effektiven jährlichen Mehrkosten bei den Gebäudetypen Einfamilienhaus und Doppelhaus liegen für die Effizienzhäuser 70 und 55 deutlich unter den Mehrkosten, der Gebäude mit sehr weit optimierter Gebäudehülle (Passivhaus Gas-Solar, Passivhaus Pellet-Solar, Passivhaus Pellet-Solar60). Der Gebäudetyp Mehrfamilienhaus zeigt den gleichen Trend, allerdings reduziert sich der Unterschied im Verhältnis Primärenergieeinsparung/Mehrkosten. Hier wirkt sich das günstigere A/V-Verhältnis aus.
- Das KfW-Effizienzhaus 55 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 schneidet absolut betrachtet mit der höchsten Primärenergieeinsparung und den niedrigsten Mehrkosten ab, im Vergleich zu den Gebäuden mit sehr weit optimierter Gebäudehülle (Passivhaus Gas-Solar, Passivhaus Pellet-Solar, Passivhaus Pellet-Solar60).
- Das KfW-Effizienzhaus 70 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 zeigt nahezu die gleiche Primärenergieeinsparung, bei nur unwesentlich höheren Mehrkosten, als das Effizienzhaus EH 55 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60.
- Betrachtet man, bezogen auf die Nutzfläche, das Verhältnis von Primärenergieeinsparung zu den effektiven jährlichen Mehrkosten, zeigt sich, dass die KfW-Effizienzhäuser EH70 und 55 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 ein deutlich günstigeres Verhältnis aufzeigen (0,14-0,16€/kWh jährliche Primärenergieeinsparung), als die Gebäude mit sehr weit optimierter Gebäudehülle

(Passivhausvarianten EFH/DHH: 0,26-0,45€/kWh jährliche Primärenergieeinsparung; Passivhausvarianten MFH: 0,19-0,29 €/kWh jährliche Primärenergieeinsparung).

- Die Effizienzhäuser mit der Heizungsvariante Pellet-Solar schneiden mit einem günstigen Verhältnis zwischen Primärenergieeinsparung und Mehrkosten ab. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass Pellets kein Rohstoff ist, der unbegrenzt zur Verfügung steht. Die Heizungsvarianten Pellet-Solar60 erreichen einen hohen solaren Deckungsgrad und gehen grundsätzlich mit dem begrenzten Rohstoff Pellets sparsamer und damit nachhaltiger um.

Fazit:

Effizienzhäuser, die eine Heizung mit hohem solarthermischem Deckungsgrad besitzen, weisen wesentlich geringere Mehrkosten für die Primärenergieeinsparung auf, als Gebäude mit sehr gut optimierter Gebäudehülle (Passivhausvarianten).

➔ „Mehr Solartechnik“ erzielt eine wirtschaftlichere Primärenergieeinsparung als „Mehr Dämmung“.

5.5 CO₂-Vermeidungskosten

Bei der Analyse der Effizienz von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebereich können neben dem Vergleich der Primärenergieeinsparung mit den Mehrkosten auch die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten heran gezogen werden. Dies zählt gerade auch bei der Errichtung von Effizienzhäusern. Für die einzelnen Effizienzhaustypen wurden unter Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung von 4% beziehungsweise 8% die CO₂-Vermeidungskosten ermittelt. Als Vergleichsbasis dient wieder das KfW-Effizienzhaus 70 mit der Heizungsvariante Gas-Solar.

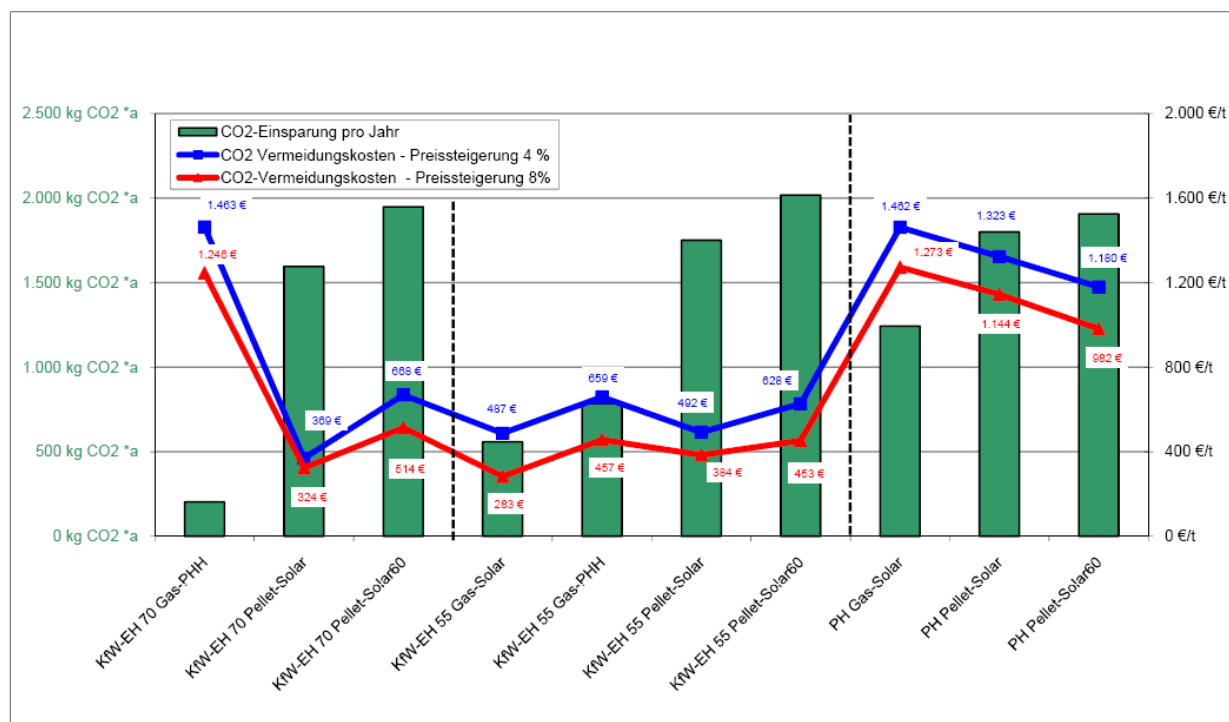
Die Tabellen 12a-c und die Grafiken 6a-c stellen somit das „Mehr“ an Gesamtmehrkosten (Finanzierungskosten über die Annuität und Energiekosten) und die „CO₂-Vermeidungskosten“ als Verhältnis von CO₂-Einsparung und Gesamtmehrkosten dar.

Einfamilienhaus

Tab. 12a: CO₂-Vermeidungskosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar bei einer Steigerung der Energiepreise um 4% und 8% - Gebäudetyp Einfamilienhaus

Effizienzhaustyp	CO ₂ -Einsparung in kg/a	Energiepreissteigerung 4 %		Energiepreissteigerung 8 %	
		Gesamt-mehrkosten (Annuität + Energiekosten) in €/a	CO ₂ -Vermeidungskosten in €/t	Gesamt-mehrkosten (Annuität + Energiekosten) in €/a	CO ₂ -Vermeidungskosten in €/t
KfW-EH 70 Gas-PHH	203	1.534	1.463	2.135	1.246
KfW-EH 70 Pellet-Solar	1.595	1.826	369	2.398	324
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	1.948	2.539	668	2.884	514
KfW-EH 55 Gas-Solar	558	1.509	487	2.040	283
KfW-EH 55 Gas-PHH	786	1.755	659	2.241	457
KfW-EH 55 Pellet-Solar	1.751	2.098	492	2.555	384
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	2.019	2.504	628	2.796	453
PH Gas-Solar	1.243	3.054	1.462	3.464	1.273
PH Pellet-Solar	1.800	3.619	1.323	3.942	1.144
PH Pellet-Solar60	1.907	3.487	1.180	3.754	982

Grafik 6a: CO₂-Vermeidungskosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar bei einer Steigerung der Energiepreise um 4% und 8% - Gebäudetyp Einfamilienhaus

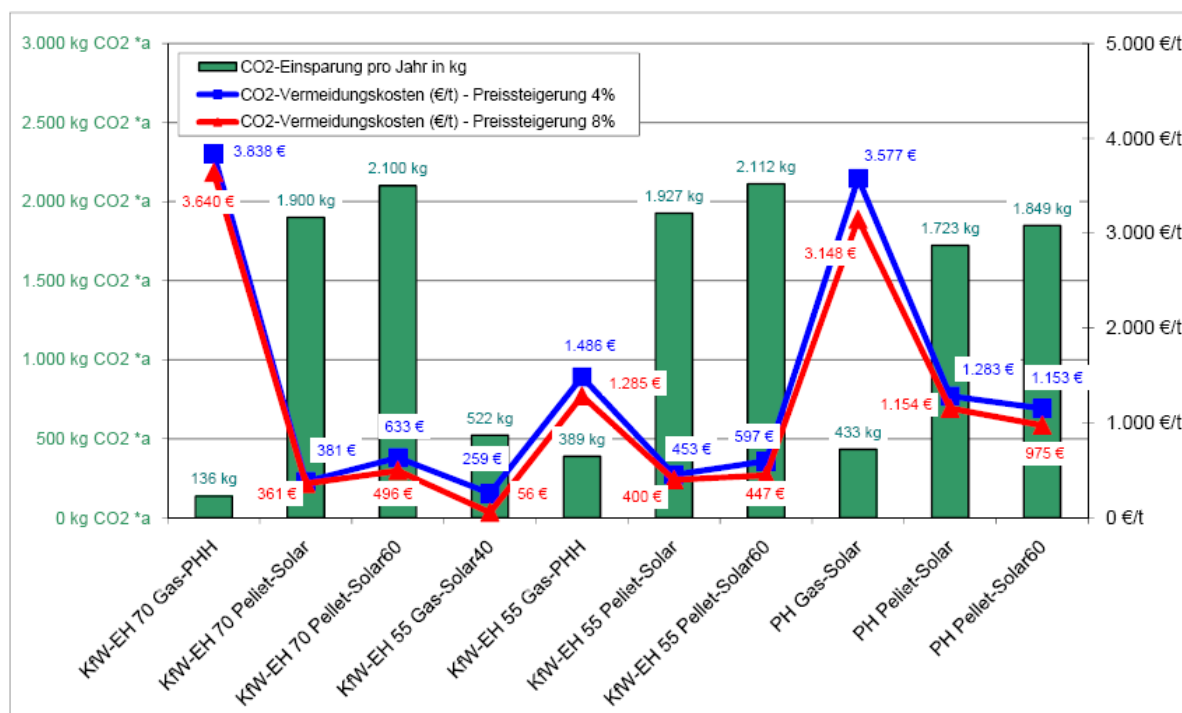


Doppelhaushälfte

Tab. 12b: CO₂-Vermeidungskosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar bei einer Steigerung der Energiepreise um 4% und 8% - Gebäudetyp Doppelhaushälfte

Effizienzhaustyp	CO ₂ -Einsparung in kg/a	Energiepreissteigerung 4 %		Energiepreissteigerung 8 %	
		Gesamt-mehrkosten (Annuität + Energiekosten) in €/a	CO ₂ -Vermeidungskosten in €/t	Gesamt-mehrkosten (Annuität + Energiekosten) in €/a	CO ₂ -Vermeidungskosten in €/t
KfW-EH 70 Gas-PHH	136	1.716	3.838	2.311	3.640
KfW-EH 70 Pellet-Solar	1.900	1.918	381	2.502	361
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	2.100	2.523	633	2.858	496
KfW-EH 55 Gas-Solar	522	1.329	259	1.845	56
KfW-EH 55 Gas-PHH	389	1.772	1.486	2.316	1.285
KfW-EH 55 Pellet-Solar	1.927	2.067	453	2.586	400
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	2.112	2.455	597	2.761	447
PH Gas-Solar	433	2.743	3.577	3.179	3.148
PH Pellet-Solar	1.723	3.405	1.283	3.805	1.154
PH Pellet-Solar60	1.849	3.326	1.153	3.619	975

Grafik 6b: CO₂-Vermeidungskosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar bei einer Steigerung der Energiepreise um 4% und 8% - Gebäudetyp Doppelhaushälfte

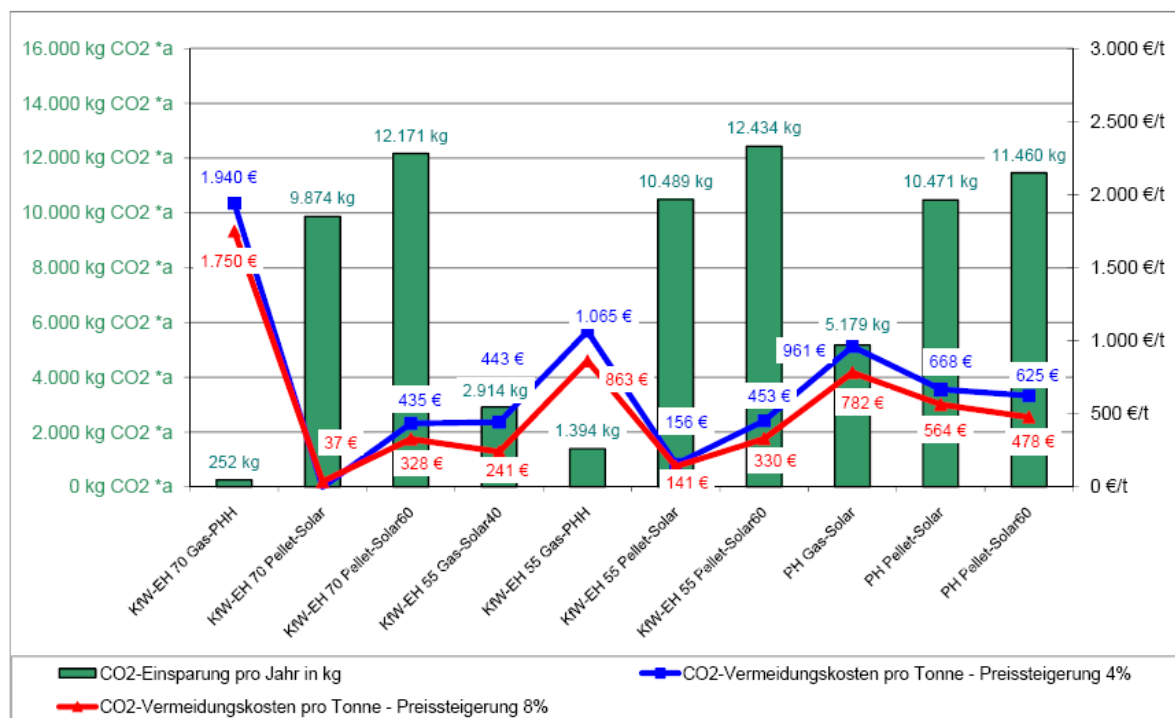


Mehrfamilienhaus

Tab. 12c: CO₂-Vermeidungskosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar bei einer Steigerung der Energiepreise um 4% und 8% - Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	CO ₂ -Einsparung in kg/a	Energiepreissteigerung 4 %		Energiepreissteigerung 8 %	
		Gesamt-mehrkosten (Annuität + Energiekosten) in €/a	CO ₂ -Vermeidungskosten in €/t	Gesamt-mehrkosten (Annuität + Energiekosten) in €/a	CO ₂ -Vermeidungskosten in €/t
KfW-EH 70 Gas-PHH	252	6.592	1.940	9.727	1.750
KfW-EH 70 Pellet-Solar	9.874	6.093	-1	9.651	37
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	12.171	11.395	435	13.278	328
KfW-EH 55 Gas-Solar	2.914	7.395	443	9.987	241
KfW-EH 55 Gas-PHH	1.394	7.587	1.065	10.489	863
KfW-EH 55 Pellet-Solar	10.489	7.744	156	10.760	141
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	12.434	11.737	453	13.388	330
PH Gas-Solar	5.179	11.078	961	13.338	782
PH Pellet-Solar	10.471	13.093	668	15.191	564
PH Pellet-Solar60	11.460	13.265	625	14.764	478

Grafik 6c: CO₂-Vermeidungskosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar bei einer Steigerung der Energiepreise um 4% und 8% - Gebäudetyp Mehrfamilienhaus



Die Tabellen 12a-c und die Grafik 6a-c zeigen:

- Die höchste CO₂-Einsparung besitzen die Effizienzgebäude, die über eine Heizung mit hohem solarthermischem Deckungsgrad verfügen.
- Die höchsten CO₂-Vermeidungskosten liegen bei der Gebäudevariante Effizienzhaus 70 mit optimierter Gebäudehülle und Gasheizung sowie dem Passivhaus mit der Heizungsvariante Gas-Solar. Hier wirkt sich auch der nicht regenerative Brennstoff Gas aus.
- Die KfW-Effizienzhäuser 70 und 55 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 schneiden mit deutlich geringeren CO₂-Vermeidungskosten ab, als die Gebäudevarianten mit sehr weit optimierter Gebäudehülle (Passivhaus Gas-Solar, Passivhaus Pellet-Solar, Passivhaus Pellet-Solar60). Die Ursache liegt in den hohen Kosten der weiteren Optimierung der Gebäudehülle (abnehmender Grenzwertnutzen). Ähnlich würde sich die Kostenbetrachtung bei einem solarthermischen Deckungsanteil von mehr als 90-100% verhalten.
- Das KfW-Effizienzhaus 70 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 besitzt CO₂-Vermeidungskosten von 668 € pro Tonne CO₂ und Jahr (Energiepreissteigerung 4% - Beispiel Einfamilienhaus). Dieser Effizienzhaustyp weist somit um den Faktor 1,9 niedrigere CO₂-Vermeidungskosten auf, als die Gebäudevariante Passivhaus mit der Heizung Pellet-Solar bei gleichzeitig höherer CO₂-Einsparung.

Fazit:

Effizienzhäuser, die eine Heizung mit hohem solarthermischem Deckungsgrad besitzen, weisen wesentlich geringere CO₂-Vermeidungskosten auf, als Gebäude mit sehr gut optimierter Gebäudehülle (Passivhausvarianten).

➔ „Mehr Solartechnik“ erzielt eine wirtschaftlichere CO₂-Vermeidung als „Mehr Dämmung“.

5.5 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Altbau

Die Ergebnisse beruhen auf der Betrachtung von Effizienzhäusern im Neubaubereich. Eine lückenlose Übertragbarkeit auf den Altbausektor ist aufgrund der Unterschiedlichkeit der Ausgangssituationen der Gebäude (Alter, Zustand der Gebäudehülle und Anlagentechnik) nicht möglich. Die dafür erforderliche aufwendige Simulation – einschließlich der Wärmebrückenproblematik – und der komplexe Variantenvergleich übersteigen den Rahmen dieser Kurzstudie.

Prinzipiell sind die Ergebnisse des Neubaus als Tendaussage auch für den Altbau im Wohnungsbau zutreffend.

Die Erfahrung des Sonnenhaus-Instituts aus aktuellen Projekten zeigt, dass eine Sanierung auf den Gebäudestandard KfW-Effizienzhaus 100 oder KfW-Effizienzhaus 85 ausreicht, um in Kombination mit hohen solarthermischen Deckungsgraden sehr niedrige Primärenergiewerte zu erzielen.

5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Gebäude mit hohen solarthermischen Deckungsgraden (bis hin zur solarthermischen Vollversorgung) bieten für den Anwender die besondere Eigenschaft, sich vollständig von fossilen Brennstoffen zu lösen. Darüber hinaus sind sie ein wichtiger Schritt in Richtung dezentraler Energieversorgung auf der Grundlage von erneuerbarer Energie, wie sie in der EU-Gebäuderichtlinie gefordert wird.²⁰ Durch die sinnvolle Kombination von „Guter Gebäudehülle“ und einem „Mehr an Solarthermie“ ist es nicht nur möglich, den Verbrauch fossiler Energieträger und damit auch die Emissionen von CO₂ deutlich zu reduzieren, sondern gleichzeitig einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Versorgungssicherheit zu leisten.

Ziel der neuen EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ ist es, im nächsten Jahrzehnt nur noch „Niedrigstenergiehäuser“ („Nearly-Zero-Energy-Buildings“) zu errichten. Mit Hilfe von KfW-Effizienzhäusern, die über Solaranlagen mit hohen solarthermischen Deckungsgraden verfügen, kann dieses Ziel sehr gut erreicht werden.

Aus der Zusammenschau der gewählten Untersuchungsparameter ergibt sich folgendes Bild:

Effizienzhäuser mit einer Solaranlage, die über einen hohen solarthermischen Deckungsgrad verfügt, sind wesentlich sparsamer in ihrem Bedarf an Endenergie und Primärenergie. Außerdem tragen sie zur Reduzierung von CO₂-Emissionen bei. Im Vergleich zu Effizienzhäusern mit sehr stark optimierter Gebäudehülle (Passivhaus-Standard) sind sie außerdem wirtschaftlicher. Im Ganzen betrachtet sind Effizienzhäuser mit großen Solaranlagen ökologisch und ökonomisch sinnvoller als Effizienzhäuser, welche den Schwerpunkt rein auf die Gebäudehülle legen. „Mehr Solar“ ist nachhaltiger und daher zukunftsfähiger als „Mehr Dämmung“.

Die Aussagen sind gültig für die dargestellten Gebäude, Parameter und Berechnungsverfahren. Werden andere Rahmenbedingungen gewählt, können sich auch die Ergebnisse verändern.

6. Förderung von Effizienzhäusern

Als Förderung wurden bei Effizienzhäusern bisher erfolgreich zwei Wege praktiziert:

- Direktförderung im Rahmen des Marktanreizprogramms (MAP) über einen Zuschuss für die Erneuerbare Anlagentechnik, insbesondere für Solarthermie (Investitionszuschuss pro installierter Kollektorfläche)
- Förderung mit zinsgünstigen Krediten für die Gebäudehülle und/oder für die Erneuerbare Anlagentechnik (einschl. Tilgungszuschuss).

Im Moment besteht nur die Möglichkeit, im Altbau die Förderung des MAP in Anspruch zu nehmen. Für Neubauten besteht über das Erneuerbare Energien Wärmegesetz die Verpflichtung, einen Mindestanteil des Wärmebedarfs regenerativ abzudecken. Die Förderung des Anlagenteils ist ausgeschlossen. Eine Ausnahme im Neubausektor bilden Gebäude, mit mehr als drei Wohneinheiten beziehungsweise Mehrfamilienhäuser.

Die Kredite für die Gebäudehülle über die Programme „Energiebewusst Bauen“ und „Energiebewusst Sanieren“ der KfW-Förderbank bedienen sowohl den Neubau als auch den Altbau.

²⁰ Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), L 153/20

In der Folge wird am Beispiel des Mehrfamilienhauses die bestehende Förderung beleuchtet.

6.1 Beispiel Mehrfamilienhaus

In Ansatz gebracht werden die beiden Kreditprogramme „Energieeffizient Bauen“ und „Erneuerbare Energien Premium“ der KfW-Förderbank. Die Förderung errechnet sich aus den Tilgungszuschüssen und Zinsvorteilen. Die Annuität und die Förderung sind berechnet für 10 Jahre Kreditlaufzeit. Das Ergebnis wird auf 20 Jahre gemittelt.

Folgende Konditionen kommen zum Ansatz (Stand 14.06.2011):

- KfW Energieeffizient Bauen:
Zins 3,75% effektiv p.a.; Tilgungszuschüsse 5% für das Effizienzhaus 55 und 10% für das Effizienzhaus 40; Kredit 50.000 € je Wohneinheit
- KfW Erneuerbare Energien Premium:
Zins 3,09% effektiv p.a. auf 10 Jahre, Tilgungszuschuss 30% auf die anrechenbaren Kosten

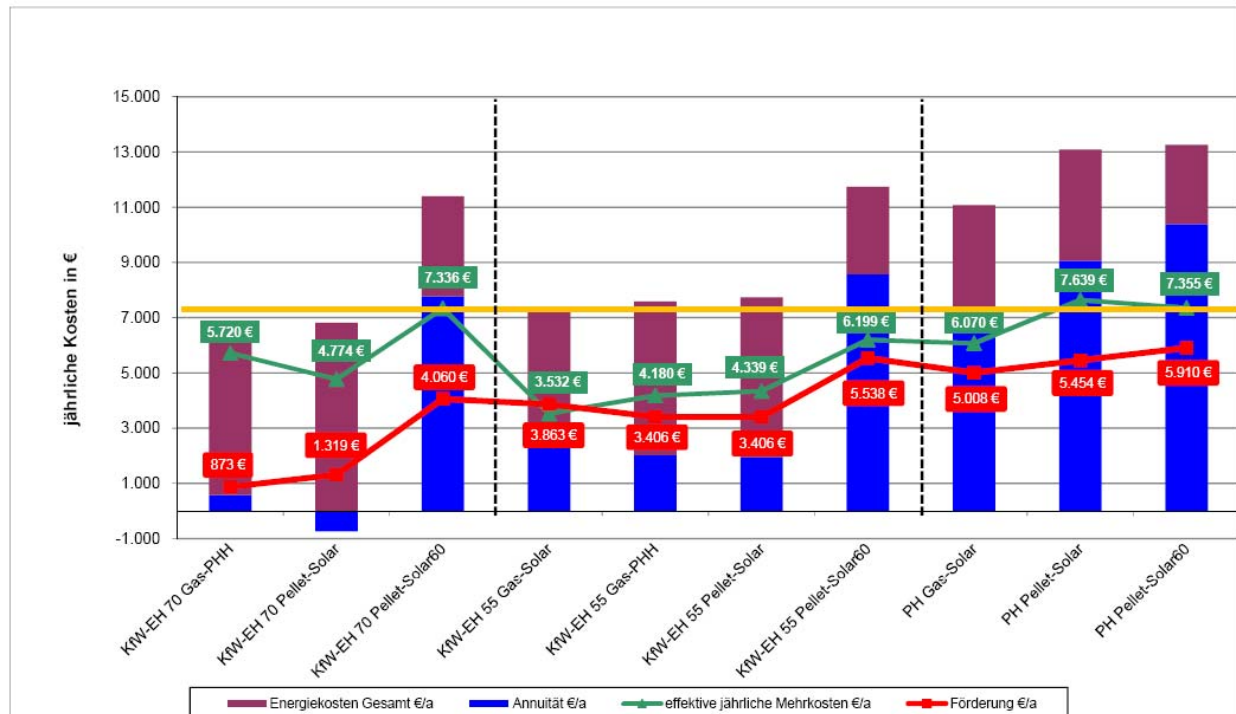
Ermittelt werden zunächst die effektiven jährlichen Mehrkosten unter Berücksichtigung der Finanzierung (Annuität), der Energiekosten und der Förderung.

Als Vergleichsbasis dient das KfW-Effizienzhaus 70 mit der Heizungsvariante Gas-Solar. Die Tabelle und die Grafik zeigen somit das „Mehr“ an Energiekosten, die Gesamtmehrkosten (Finanzierungskosten über die Annuität) und das „Mehr“ an Förderung.

Tab. 13: Effektive jährliche Mehrkosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar – Energiepreissteigerung 4%
Kredite (Laufzeit 10 Jahre): „Energieeffizient Bauen“ und „Erneuerbare Energien Premium“ – Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	Energiekosten in € / a	Annuität in € / a	Förderung in € / a	effektive jährliche Mehrkosten in € / a
KfW-EH 70 Gas-PHH	6.011	582	873	5.720
KfW-EH 70 Pellet-Solar	6.823	-730	1.319	4.774
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	3.609	7.787	4.060	7.336
KfW-EH 55 Gas-Solar	4.968	2.427	3.863	3.532
KfW-EH 55 Gas-PHH	5.564	2.022	3.406	4.180
KfW-EH 55 Pellet-Solar	5.782	1.963	3.406	4.339
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	3.166	8.571	5.538	6.199
PH Gas-Solar	4.333	6.745	5.008	6.070
PH Pellet-Solar	4.024	9.069	5.454	7.639
PH Pellet-Solar60	2.874	10.391	5.910	7.355

Grafik 7: Effektive jährliche Mehrkosten von Effizienzhäusern im Vergleich zu einem KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar – Energiepreissteigerung 4%
Kredite (Laufzeit 10 Jahre): „Energieeffizient Bauen“ und „Erneuerbare Energien Premium“ – Gebäudetyp Mehrfamilienhaus
Orange Linie: effektive jährliche Mehrkosten des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet Solar60



Für das Mehrfamilienhaus mit rund 1.500 m² Nutzfläche zeigen Tabelle 13 und Grafik 7 folgende Ergebnisse:

- Im Vergleich der drei Effizienzhäustypen EH70, EH55 und PH schneiden die KfW-Effizienzhäuser 55 mit den jeweiligen Heizungsvarianten mit den geringeren effektiven Mehrkosten ab.
- Die höchsten effektiven Mehrkosten liegen bei den Effizienzhäusvarianten EH 70 Pellet-Solar60, PH Pellet-Solar und PH Pellet-Solar60.
- Das KfW-Effizienzhaus 55 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 verfügt über vergleichbare effektive Mehrkosten wie die Gebäudevariante Passivhaus Heizung Gas-Solar.

Neben dieser rein monetären Betrachtung ist zwingend auch die ökologische Effektivität zu berücksichtigen, um die nationalen und europäischen Klimaschutzziele mit einer hohen Fördereffizienz zu erreichen.

6.2 Fördereffizienz

Die Fördereffizienz berücksichtigt die CO₂-Einsparung der Effizienzhaustypen im Verhältnis zur ermittelten Förderung.

Tab. 14: Primärenergiebedarf und Förderung – Energiepreissteigerung 4%
Gebäudetyp Mehrfamilienhaus

Effizienzhaustyp	CO ₂ Einsparung gesamt in kg/a	CO ₂ Einsparung pro m ² EnEV- Nutzfläche* in kg/a	Primärener- giebedarf pro m ² EnEV- Nutzfläche* in kWh/a	Förderung gesamt in €/a	Förderung pro m ² EnEV- Nutzfläche* in €/a
KfW-EH 70 Gas-Solar**	0	0	44	1.863	1,2
KfW-EH 70 Gas-PHH	252	0,2	43	873	0,6
KfW-EH 70 Pellet-Solar	9.874	6,6	15	1.319	0,9
KfW-EH 70 Pellet-Solar60	12.171	8,1	8	4.060	2,7
KfW-EH 55 Gas-Solar	2.914	1,9	35	3.863	2,6
KfW-EH 55 Gas-PHH	1.394	0,9	40	3.406	2,3
KfW-EH 55 Pellet-Solar	10.489	7,0	13	3.406	2,3
KfW-EH 55 Pellet-Solar60	12.434	8,2	7	5.538	3,7
PH Gas-Solar	5.179	3,4	28	5.008	3,3
PH Pellet-Solar	10.471	6,9	13	5.454	3,6
PH Pellet-Solar60	11.460	7,6	10	5.911	3,9

* ENEV Nutzfläche = 1.507 m²

**Das Effizienzhaus KfW-EH 70 Gas-Solar ist die Bezugsgröße der CO₂-Einsparung und weist daher den Wert „0“ auf.

Grafik 8: Verhältnis von Primärenergiebedarf und Förderung bei Effizienzhäusern
Gebäudetyp Mehrfamilienhaus
Orange Linie: Primärenergiebedarf des KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60

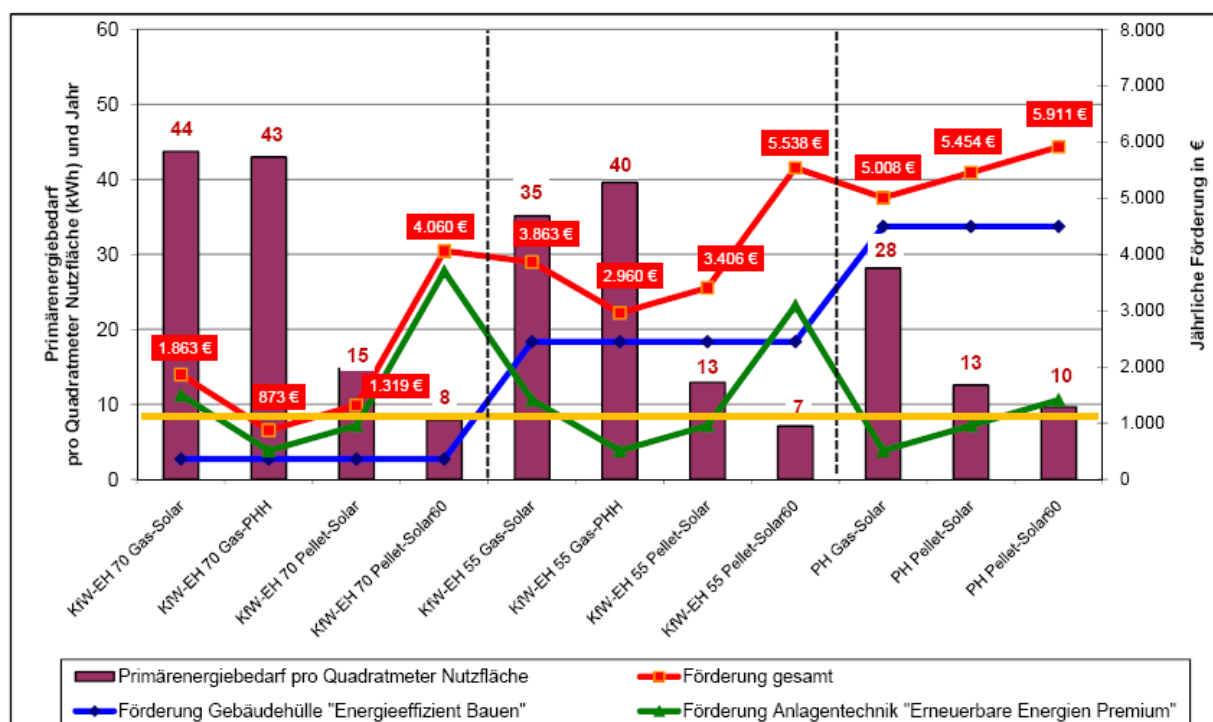


Tabelle 14 und Grafik 8 zeigen:

Fördermethodik:

- Die statische Förderung der Gebäudehülle über das Programm „Energieeffizient Bauen“ alleine (in der Grafik Linie blau) berücksichtigt die unterschiedlichen Ergebnisse der Primärenergieeinsparung nur bedingt,
- die dynamische Förderung der Anlagentechnik über das Programm „Erneuerbare Energien Premium“ (in der Grafik Linie grün) alleine berücksichtigt die unterschiedlichen Ergebnisse der Primärenergieeinsparung,
- die Kombination der Förderung über die statische Förderung der besseren Gebäudehülle mit der dynamischen Förderung der Anlagentechnik (in der Grafik Linie rot) berücksichtigt die unterschiedlichen Ergebnisse der Primärenergieeinsparung sehr gut,

Fördereffizienz

- das KfW-Effizienzhaus 70 mit verbesserter Gebäudehülle und Gasheizung (EH70 Gas-PHH) weist den höchsten Primärenergiebedarf auf und erhält auch die niedrigste Förderung. **Die Fördereffizienz ist stimmig.**
- Die KfW-Effizienzhäuser 70+55 mit der Heizungsvariante Pellet-Solar60 erzielen den niedrigsten Primärenergiebedarf (höchste CO₂-Einsparung), erhalten aber nicht die höchste Förderung. Dies wird besonders deutlich am KfW-Effizienzhaus 70 Pellet-Solar60. **Die Fördereffizienz ist nicht stimmig.**

6.3 Konsequenzen für die Förderung von Effizienzhäusern

Mit Hilfe von KfW-Effizienzhäusern, die über Solaranlagen mit hohen solarthermischen Deckungsgraden verfügen, kann das Ziel der EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ sehr gut erreicht werden.

Bisher sind diese Effizienzhäuser aus Sicht eines Investors nicht wirtschaftlich, zumindest nicht ohne Förderung.

Finanzielle Anreize können die Wirtschaftlichkeit entscheidend verbessern und somit nicht nur die Akzeptanz, sondern auch die Verbreitung von Nearly-Zero-Energy-Buildings mit hohen solarthermischen Deckungsgraden entscheidend fördern und dem Markt für Solarthermieanlagen neue Impulse geben.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass grundsätzlich die Koppelung der Fördersystematik an die Parameter Gebäudehülle und Anlagentechnik, v.a. der Solarthermie, sinnvoll und zielführend ist. Sie ermöglicht eine effektive Balance zwischen Dämmung und Solarthermie.

Diese Förderung, die bereits im Bereich Mehrfamilienhäuser besteht, sollte beibehalten und auf den Ein- und Zweifamilienhausbereich und Nichtwohngebäude übertragen werden.

Zur Erzielung einer möglichst hohen Fördereffizienz sollte bei Effizienzhäusern als Maßstab die CO₂-Einsparung herangezogen werden. Die bisherige Koppelung der Effizienzhausstufen 70, 55 und 40 der KfW-Förderung an den Primärenergiebedarf und gleichzeitig an die Gebäudehülle (Transmissionswärmeverlust H_T) sollte überarbeitet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Anforderungen an die Gebäudehülle des Effizienzhauses 70 ausreichen, um in Kombination mit effizienter Anlagentechnik sehr hohe CO₂-Einsparungen zu erzielen. Diese Änderung beziehungsweise Optimierung der Anforderungen der KfW-Effizienzhausförderung ermöglicht eine

technologieoffene Umsetzung der Maßnahmen „Mehr Dämmung“ oder „Mehr Solarthermie“ und gewährleistet eine maximale Fördereffizienz.

Ein schnell umsetzbarer Vorschlag ist die Ergänzung der Innovationsförderung über das KfW-Programm „Erneuerbare Energien Premium“ (zinsgünstiges Darlehen und Tilgungszuschuss bis 30%). Die Förderung von Sonnenkollektoranlagen könnte wie folgt erweitert werden:

„ ...

1. Solarkollektoranlagen

Als Innovationsförderung wird die Errichtung und Erweiterung von kundenspezifisch gefertigten großen Solarkollektoranlagen mit mehr als 40 m² Bruttokollektorfläche zur

- a) Warmwasserbereitung, Raumheizung oder zur kombinierten Warmwasserbereitung und Raumheizung von Gebäuden 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 70 oder besser erfüllen,
- b) Bereitstellung von Prozesswärme oder
- c) solaren Kälteerzeugung.

..."

Sinnvoll ist alternativ eine Neubau-Förderung von Solarthermieanlagen, wenn die Kollektorfläche größer als 20 Prozent der Nutzfläche des Gebäudes ist. Dies ist insbesondere auch deshalb erforderlich, da aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten der auf die Kollektorfläche bezogene Energieertrag bei steigenden solaren Deckungsgraden sinkt und damit die spezifischen Wärmegestehungskosten steigen.

Entscheidend ist ferner auch die Vorgabe einer Mindestgröße des Pufferspeichers von 150l pro Quadratmeter Kollektorfläche.

7. Einfache Hemmnisse mit großer Wirkung für die Solarthermie

Die Bearbeitung der Studie, insbesondere die umfangreichen Berechnungen und Simulationen haben erneut grundlegende einfache Hemmnisse aufgezeigt, die in den Berechnungsverfahren oder Normenvorgaben begründet sind.

Hierzu zählen u.a.:

- Standardwerte der VDI 2067:
In den Grundeinstellungen sind die Wartungskosten für Solaranlagen mit 3% angegeben. In der Regel werden diese Grundwerte in die Berechnungen unkritisch übernommen. Die Praxis zeigt, dass die Wartungskosten tatsächlich je nach Anlagengröße zwischen 0,5% und 1,0% liegen. Der Ansatz 3% Wartungskosten lässt die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen schnell „unwirtschaftlich“ erscheinen im Vergleich zu anderen Heizsystemen. Eine Überarbeitung der Grundwerte ist dringend geboten.
- Definition der Schnittstelle zwischen EnEV-Nachweis und Solarsimulation:
Die in der Norm angelegten Standardwerte und (statischen) Berechnungsverfahren eignen sich nicht für Solaranlagen mit höheren Deckungsgraden.

Grundsätzlich ist zwar die Möglichkeit freigestellt, den solaren Deckungsgrad mit einem geeigneten Simulationsverfahren zu bestimmen. Jedoch fehlt die Anleitung für eine Definition der Schnittstelle und den Berechnungsweg. Die Konsequenz ist, dass beispielsweise die Ergebnisse (Primärenergiebedarf) von Effizienzhäusern mit hohem solarthermischem Deckungsgrad nicht wirklichkeitsnah gerechnet werden können, zumal die Ersteller von EnEV-Nachweisen dieser Schnittstellen-Problematik i.d.R. nicht gewachsen sind.

Anmerkung: Im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung wurde deshalb ein Förderantrag für ein Forschungsvorhaben eingereicht mit dem Titel: „Spezifikation von Schnittstellen zwischen Solarsimulation und den Normen DIN V 18599 sowie DIN V 4701-10 zur Erstellung von Nachweisen im Rahmen der Energieeinsparverordnung – Definition eines offenen Standards“. (Antragsteller: ECONSULT Lambrecht Jungmann Partnerschaft).

Anhang:

1. Kurzstudie „Energiestandards – KfW-Effizienzhaus, Passivhaus und Gebäude mit hohem solaren Deckungsgrad im Vergleich“, Büro Econsult (Rottenburg), Juni 2011
2. Übersicht Mehrkosten Anlagentechnik und Gebäudehülle im Vergleich zu KfW-Effizienzhaus 70 Gas-Solar, Sonnenhaus-Institut e.V.