



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Planung neuer Wohngebäude nach Energieeinsparverordnung 2009 und Erneuerbare-Energien-Wärmegeesetz



Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr Mobilität Bauen
Wohnen Stadt Land www.bmvbs.de Verkehr Mobilität Bauen Wohnen
Stadt Land Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr Mobilität

Vorwort

zum Leitfaden Planung neuer Wohngebäude nach Energieeinsparverordnung 2009 und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

Architekten und Bauherren müssen beim Bauen immer stärker die Aspekte der effizienten Energienutzung und Nutzung erneuerbarer Energien berücksichtigen. Die Notwendigkeit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten in Verbindung mit knapper werdenden Ressourcen macht ein ökologisches Umdenken beim Bau zur Pflicht.

Zum Energiesparen in Verbindung mit dem intelligenten Einsatz erneuerbarer Energien gibt es keine Alternative. Für den weitsichtigen Bauherren zählen wichtige weitere Argumente: ein niedriger fossiler Energieverbrauch schlägt sich dauerhaft positiv in niedrigeren Heizkosten nieder und macht damit unabhängig von künftig steigenden Energiepreisen und knapper werdenden Ressourcen. Rund 30% der Energie werden in Deutschland für die Beheizung von Gebäuden und die Warmwasserbereitung eingesetzt. Der Bestand in Deutschland umfasst knapp 19 Mio. Gebäude, davon 17,3 Mio. Wohngebäude. Der Anteil des Gebäudebereichs an den CO₂-Emissionen beträgt etwa 20%.

Mit dem Inkrafttreten des neuen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) sowie der Novellierung der Energieeinsparverordnung (EnEV) gibt es seit 2009 zwei ordnungsrechtliche Instrumente, die beide bei der Planung neuer Gebäude zu beachten sind und hinsichtlich energetischer Anforderungen Hand in Hand gehen. Eine getrennte Planung und Nachweisführung wird in der Regel nicht möglich sein. Im vorliegenden Leitfaden werden daher die grundlegenden Zusammenhänge zwischen EnEV und EEWärmeG und den in Bezug genommenen Bilanzierungsregeln für die Baupraxis erläutert; für typische Wohngebäude werden wirtschaftliche und praxisgerechte Musterlösungen dargestellt. Adressaten dieses Leitfadens sind Planer sowie interessierte Bauherren und Investoren mit baufachlichen Grundkenntnissen.

1 Einleitung

2 Anforderungen von EnEV 2009 und EEWärmeG

3 Varianten zur Einhaltung von EnEV 2009 und EEWärmeG

4 Energetischer Vergleich anhand von Modellgebäuden

Anhang

Inhalt

1	Einleitung.....	6
2	Anforderungen von EnEV 2009 und EEWärmeG	7
2.1	Anforderungen EnEV 2009.....	7
2.2	Anforderungen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz [EEWärmeG].....	10
3	Varianten zur Einhaltung von EnEV 2009 und EEWärmeG.....	13
3.1	Systembeispiele	13
3.2	Anlagenvarianten.....	16
3.2.1	Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage	16
3.2.2	Öl/Gas-BW + solare TWE + Fensterlüftung	19
3.2.3	Öl/Gas-BW + solare TWE mit Heizungsunterstützung	19
3.2.4	Öl/Gas-Brennwert und deutlich erhöhter baulicher Wärmeschutz	19
3.2.5	Öl/Gas-BW + Zu-/Abluftanlage mit WRG mittels Wärmeübertrager	20
3.2.6	Pellets.....	22
3.2.7	Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	24
3.2.8	Sole-Wasser-Wärmepumpe	25
3.2.9	Luft-Wasser-Wärmepumpe + Zu-/Abluftanlage mit WRG	26
3.2.10	Sole-Wasser-Wärmepumpe + dezentrale elektrische TWE.....	26
3.2.11	Fern-/Nahwärme (KWK fossil / HW regenerativ)	27
3.2.12	Fern-/Nahwärme (HW fossil) + solare TWE	27
3.2.13	Mikro- bzw. Mini-KWK-Anlage	28
3.3	Wärmeschutzvarianten	29
4	Energetischer Vergleich anhand von Modellgebäuden	32
4.1	Allgemeine Randbedingungen	32
4.2	Ergebnisse Einfamilienhaus	34
4.3	Ergebnisse 12-Familienhaus	40
Anhang		
Anhang 1	Ausführung der Systeme.....	46
Anhang 2	Abkürzungsverzeichnis	48
Anhang 3	Literaturverzeichnis	49
Anhang 4	Bildnachweis.....	49

1 Einleitung

Am 18. März 2009 ist die Neufassung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) beschlossen worden, am 01.10.2009 ist sie in Kraft getreten [1]. Die Änderungen dienen der Energieeinsparung und damit auch dem Klimaschutz. Ein wesentlicher Schwerpunkt der „EnEV 2009“ ist insbesondere die Verschärfung der energetischen Anforderungen an Neubauten und bei der Modernisierung von Altbauten um durchschnittlich 30 %.

Für neu zu errichtende Gebäude müssen darüber hinaus seit dem 1. Januar 2009 auch Anforderungen aus dem Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG)¹ [2] eingehalten werden. Damit werden Bauherren verpflichtet, den Wärmeenergiebedarf neuer Gebäude anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken. Die Nutzungspflicht kann dabei wahlweise durch den Einsatz von Solarthermie, Biomasse, Geothermie oder Umweltwärme, aber auch ersatzweise durch die Nutzung von Abwärme, Kraft-Wärme-Kopplung, Nah- und Fernwärmenetzen oder Energieeinsparmaßnahmen erfüllt werden. Kombinationen von erneuerbaren Energien untereinander sowie mit Ersatzmaßnahmen sind beliebig zulässig.

Aus beiden Instrumenten ergeben sich zahlreiche Wechselwirkungen bei der Nachweisführung und der jeweiligen Pflichterfüllung. Insbesondere die im EEWärmeG geforderte anteilige Nutzung erneuerbarer Energien kann einen erheblichen Einfluss auf den Primärenergiebedarf nach EnEV 2009 haben. Auch die ersatzweise Erfüllung des EEWärmeG durch eine 15 %ige Verschärfung der Anforderungen nach EnEV verzahnt Verordnung und Gesetz.

¹ Das EEWärmeG wird im Zuge der Anpassung an die europäische Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen mit Wirkung bereits im Jahr 2011 angepasst. Einzuhalten ist die zum Zeitpunkt des Bauantrages gültige Fassung beider Regelungen.

2 Anforderungen von EnEV 2009 und EEWärmeG

2.1 Anforderungen EnEV 2009

Nach Energieeinsparverordnung 2009 - EnEV 2009 müssen für neue Wohngebäude Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf und den spezifischen Transmissionswärmeverlust eingehalten werden:

- Der Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines neuen Wohngebäudes ist der Wert eines Referenzgebäudes mit gleicher Geometrie, Ausrichtung und Nutzung wie das zu errichtende Gebäude, das einer vorgegebenen Ausführung der Gebäudehülle und Anlagentechnik entspricht.
- Für den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust sind Höchstwerte festgelegt.

Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Wohngebäudes erfolgt nach DIN V 18599 oder nach DIN V 4108-6/DIN V 4701-10.

Jahres-Primärenergiebedarf

Energiemenge, die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs Q_H und des Trinkwasserwärmebedarfs Q_{TW} (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

Stellt einen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) unter Berücksichtigung von Temperaturfaktoren und Wärmebrückeneffekten dar.

Als Nachweis der Einhaltung der Anforderungen gilt i. d. R. der Energieausweis nach §16 der EnEV 2009.

Primärenergiebedarf

Berechnung nach DIN V 18599 [3] oder DIN V 4108-6/4701-10 [4]/[5]

Geplantes Gebäude

Technische Ausführung wie geplant



Referenzgebäude

Technische Ausführung nach Referenztablelle

Abbildung 2.1-1

Gleiche Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung

$$Q_{P, \text{geplantes Gebäude}} \leq Q_{P, \text{Referenzgebäude}}$$

Gebäudetyp		Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts
Freistehendes Wohngebäude	$A_N \leq 350 \text{ m}^2$	$H'_{T} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
	$A_N > 350 \text{ m}^2$	$H'_{T} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
einseitig angebautes Wohngebäude		$H'_{T} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
alle anderen Wohngebäude		$H'_{T} = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Erweiterungen und Ausbauten von Wohngebäuden gemäß §9 Abs. 5		$H'_{T} = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Tabelle 2.1-1 Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmeverlust

Zeile	Bauteil/System	Referenzausführung bzw. Wert (Maßeinheit)
1.1	Außenwand, Geschossdecke gegen Außenluft	$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
1.2	Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer solche nach Zeile 1.1)	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
1.3	Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
1.4	Fenster, Fenstertüren	$U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) / g_{\perp} = 0,60$
1.5	Dachflächenfenster	$U_w = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) / g_{\perp} = 0,60$
1.6	Lichtkuppeln	$U_w = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) / g_{\perp} = 0,64$
1.7	Außentüren	$U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
2	Wärmebrückenzuschlag	$\Delta U_{wb} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
3	Luftdichtheit der Gebäudehülle	Bei Berechnung nach <ul style="list-style-type: none"> DIN V 4108-6:2003-06: mit Dichtheitsprüfung DIN V 18599-2: 2007-02: nach Kategorie I
4	Sonnenschutzvorrichtung	Keine Sonnenschutzvorrichtung
5	Heizungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> Wärmeerzeugung durch Brennwertkessel (verbessert), Heizöl EL, Aufstellung: <ul style="list-style-type: none"> Gebäude mit bis 2 Wohneinheiten innerhalb der thermischen Hülle Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten außerhalb der thermischen Hülle Auslegungstemperatur 55/45 °C, zentrales Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge und Anbindeleitungen, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, Δp konstant), Rohrnetz hydraulisch abgeglichen, Wärmedämmung der Rohrleitungen (Anlage 5) Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich 1 K
6	Anlage zur Warmwasserbereitung	<ul style="list-style-type: none"> zentrale Warmwasserbereitung gemeinsame Wärmebereitung mit Heizungsanlage (Zeile 5) Solaranlage (Kombisystem mit Flachkollektor) entsprechend den Vorgaben nach DIN V 4701-10: 2003-08 oder DIN V 18599-5: 2007-02 Speicher, indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Wärmeerzeuger, Auslegung nach DIN V 4701-10: 2003-08 oder DIN V 18599-5: 2007-02 als <ul style="list-style-type: none"> kleine Solaranlage bei A_N kleiner 500 m² (bivalenter Solarspeicher) große Solaranlage bei A_N größer gleich 500 m² Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge, gemeinsame Installationswand, Wärmedämmung der Rohrleitungen nach Anlage 5, mit Zirkulation, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, Δp konstant)
7	Kühlung	keine Kühlung
8	Lüftung	Zentrale Abluftanlage, bedarfsgeführt mit geregelttem DC-Ventilator, Anlagenluftwechselrate $n=0,40 \text{ h}^{-1}$ entsprechend EnEV-Auslegung [6]

Tabelle 2.1-2 EnEV 2009 – Ausführung Referenzgebäude

Zusammenhang zwischen baulichem Wärmeschutz und Anlageneffizienz

Um die Anforderungen der EnEV 2009 zu erfüllen, kann eine Vielzahl von baulichen und anlagentechnischen Parametern gewählt und kombiniert werden. Nachfolgende Übersicht zeigt den grundsätzlichen Zusammenhang auf, dass die EnEV durch die primärenergetische Bewertung des Brennstoffeinsatzes eine Verrechnung zwischen dem Niveau des baulichen Wärmeschutzes und der eingesetzten Anlagentechnik erlaubt. Unter Wirtschaftlichkeitsaspekten muss immer die gesamte Nutzungsdauer mit betrachtet werden. Eine sehr energieeffiziente Anlagentechnik, zum Beispiel eine Nahwärmeversorgung aus regenerativen Energien oder ein Gas-Brennwertkessel mit Solaranlage, darf nach den Vorgaben der EnEV mit einem weniger gut gedämmten Gebäude kombiniert werden. Im Gegensatz dazu erfordert eine einfache Anlagentechnik verstärkte Anstrengungen beim baulichen Wärmeschutz. Energetisch und ökologisch optimale Ergebnisse erreicht man durch eine Kombination von effizienter Anlagentechnik mit sehr gutem baulichem Wärmeschutz. Dann werden die Anforderungen der EnEV übererfüllt.

Für die Anlageneffizienz sind neben dem Wärmeerzeuger weitere anlagentechnische Parameter, wie Systemtemperaturen, Art der Wärmeübergabe und Regelung etc. maßgeblich. Besonders hohe Anlageneffizienzen werden durch den Einsatz Erneuerbarer Energien, wie Nahwärme aus Biomasseheizkraftwerken oder Pelletheizungen erreicht; auch fossil befeuerte Heizungen lassen sich

deutlich in ihrer Anlageneffizienz verbessern, indem sie mit Solarthermie, Abluftanlagen oder Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung kombiniert werden.

Anforderungswert bei elektrischer Warmwasserbereitung

Soll das neue Gebäude über eine elektrische Warmwasserbereitung verfügen, kann der zulässige Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes abweichend bestimmt werden. Anstelle der zentralen Warmwasserbereitung nach Zeile 6 der vorangegangenen Tabelle 2.1-2 wird eine wohnungszentrale elektrische Warmwasserbereitung ohne Speicher gesetzt. Der sich so ergebende Jahres-Primärenergiebedarf verringert um 10,9 kWh/m² a ist der neue zulässige Höchstwert. Soll das EEWärmeG über die Ersatzmaßnahme Unterschreitung der EnEV-Anforderungen eingehalten werden, gelten besondere Regeln an den Anforderungswert, vgl. S. 11.

Zulässiger Jahresprimärenergiebedarf bei elektrischer Trinkwassererwärmung:

$$Q_{P,zul.,elektr.TWE} = Q_{P,Referenz,elektr.TWE} - 10,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$Q_{P,geplantes\ Gebäude,elektr.TWE} \leq Q_{P,zulässig,elektr.TWE}$$

Der Begriff „Elektrische Warmwasserbereitung“ ist nicht genau definiert. Es ist jedoch davon auszugehen, dass damit eine ausschließliche Trinkwassererwärmung durch elektrische Widerstandsheizungen zu verstehen ist (z.B. elektrische Durchlauferhitzer und/oder Speicher).

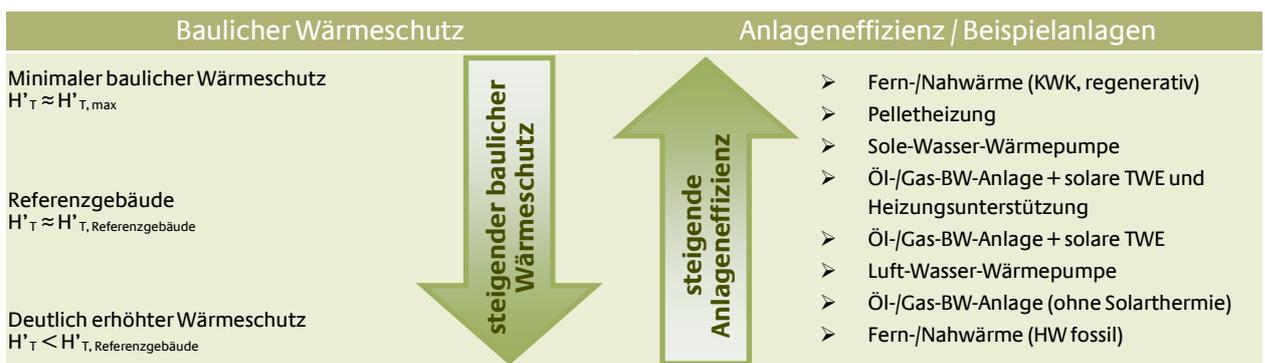


Tabelle 2.1-3 Wechselwirkung zwischen baulichen Wärmeschutz und Anlageneffizienz

2.2 Anforderungen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz [EEWärmeG]

Das EEWärmeG enthält eine Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes im Neubau. Nach §2 des EEWärmeG gelten als erneuerbare Energien:

- die technisch nutzbar gemachte solare Strahlungsenergie
- die aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse erzeugte Wärme
- die dem Erdboden entnommene Wärme (Geothermie)
- die der Luft oder dem Wasser entnommene Wärme mit Ausnahme von Abwärme (Umweltwärme)

Die in §3 EEWärmeG beschriebene Nutzungspflicht im Neubau kann durch eine der folgenden Maßnahmen erfüllt werden:

- mindestens 15 %ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch Solarwärme bzw. Einhaltung einer Mindestkollektorfläche (nur Wohngebäude), Kollektoren mit „Solar Keymark“
- mindestens 30 %ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch gasförmige Biomasse unter Voraussetzung der Nutzung in hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen)
- mindestens 50 %ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch feste Biomasse in Kessel mit Mindestwirkungsgrad oder KWK-Anlagen
- mindestens 50 %ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch nachhaltige flüssige Biomasse in Brennwertkessel oder KWK-Anlagen
- mindestens 50 %ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs aus Geothermie
- mindestens 50 %ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch Umweltwärme

Wärmeenergiebedarf

Ist die zur Deckung des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung sowie des Kältebedarfs für Kühlung, jeweils einschließlich der Aufwände für Übergabe, Verteilung und Speicherung jährlich benötigte Wärmemenge und Kältemenge.

Thermische Solaranlagen

Mit thermischen Solaranlagen wird die Strahlungsenergie der Sonne in Form von Wärme zur Warmwasserbereitung und Raumheizung nutzbar gemacht. Das europäische Qualitätssiegel für Sonnenkollektoren und thermische Solaranlagen wird als „Solar Keymark“ bezeichnet. Im Rahmen der Prüfung werden die Qualitätskriterien Leistungsfähigkeit (Mindestwert für Jahresenergieertrag), Zuverlässigkeit, Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit geprüft und bewertet.

Erfüllung EEWärmeG zu 100 % durch		Mindestanteil
Erneuerbare Energien	solare Strahlungsenergie	15 %
	feste Biomasse	50 %
	flüssige Biomasse	50 %
	gasförmige Biomasse in KWK	30 %
	Geothermie und Umweltwärme	50 %
Ersatzmaßnahme	Anlagen zur Nutzung von Abwärme	50 %
	KWK-Anlagen	50 %
	Maßnahmen zur Einsparung von Energie	-15 %
	Nah- oder Fernwärme mit oben stehenden Anteilen an erneuerbarer Energie bzw. Ersatzmaßnahmen	

Tabelle 2.2-1 Anforderungen EEWärmeG

Flüssige Biomasse muss die Biomassestrom-nachhaltigkeitsverordnung (BioStNachV) erfüllen, um dem EEWärmeG gerecht zu werden. Außerdem muss sie in einem Brennkessel eingesetzt werden.

Als **Ersatzmaßnahmen** zur Erfüllung des EEWärmeG gelten:

- mindestens 50%ige Deckung des Wärmeenergiebedarfs aus
 - Abwärme oder
 - hocheffizienten KWK-Anlagen
- mindestens 15%ige Unterschreitung der EnEV-Anforderungen an Primärenergiebedarf und Wärmedämmung der Gebäudehülle
- Nah- oder Fernwärmeversorgung, wenn die Wärme
 - zu einem wesentlichen Anteil aus erneuerbaren Energien oder
 - zu mindestens 50% aus Abwärme oder
 - zu mindestens 50% aus KWK oder
 - aus einer Kombination der genannten Maßnahmen stammt.

Abwärme durch raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Die Nutzung von Abwärme aus Lüftungsanlagen mit WRG gilt dann als Ersatzmaßnahme, wenn

- der Wärmerückgewinnungsgrad $\geq 70\%$ und
- die Leistungszahl (Verhältnis von genutzter Abwärme zum Stromeinsatz der Lüftungsanlage) ≥ 10 betragen.

Hocheffiziente KWK-Systeme

Klein- oder Kleinst-KWK-Anlagen im Sinne der europäischen Richtlinie 2004/8/EG haben eine elektrische Leistung < 1 MW, dazu gehören praktisch alle KWK-Anlagen in Wohngebäuden. Sie gelten als hocheffizient, wenn sie Primärenergieeinsparungen gegenüber einer getrennten Erzeugung von Wärme und Strom erbringen.

Soll die Erfüllung des EEWärmeG ganz oder anteilig durch die Ersatzmaßnahme Unterschreitung der EnEV-Anforderungen eingehalten werden gelten folgende Grenzwerte:

Jahresprimärenergiebedarf:

$$q_{P,\text{Gebäude,zulässig}} = q_{P,\text{Referenz}} - 15\% \cdot q_{P,\text{Referenz}}$$

Ausnahme: elektrische Warmwasserbereitung:

$$q_{P,\text{Gebäude,elektr.TWE,zulässig}} =$$

$$q_{P,\text{Referenz,elektr. TWE}} - 15\% \cdot q_{P,\text{Referenz,elektr. TWE}}$$

Im Gegensatz zu den EnEV-Anforderungen mit elektrischer Warmwasserbereitung ohne Erfüllung des EEWärmeG über die Ersatzmaßnahme Unterschreitung der EnEV-Anforderungen erfolgt bei der Festlegung des Höchstwertes für den Jahresprimärenergiebedarf **keine** Verringerung des Gebäudereferenzwertes mit elektrischer Warmwasserbereitung um $10,9 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$.

Spezifischer Transmissionswärmeverlust:

$$H'_{T,\text{Gebäude}} = H'_{T,\text{max}} - 15\% \cdot H'_{T,\text{max}}$$

Für das konkrete Gebäude müssen die Minimalanforderungen an die Wärmedämmung der Gebäudehülle unterschritten werden, d.h. eine Unterschreitung des maximal zulässigen spezifischen Transmissionswärmeverlusts $H'_{T,\text{max}}$ entsprechend Übersicht Seite 7 um 15%.

Anforderungen an die Gebäudehülle

EnEV, EEWärmeG und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) beziehen sich bei den Angaben für den spezifischen Transmissionswärmeverlust H'_T auf ein unterschiedliches Anforderungsniveau:

EnEV 2009 $\Rightarrow H'_{T,\text{max}}$

EEWärmeG $\Rightarrow H'_{T,\text{max}}$ und

KfW-Effizienzhaus $\Rightarrow H'_{T,\text{Referenzgebäude}}$

Kombination von erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen:

- Erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen können untereinander und miteinander kombiniert werden. Dabei müssen die prozentualen Anteile der tatsächlichen Nutzung der einzelnen erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen im Verhältnis zu der vorgesehenen Nutzung in der Summe 100 ergeben.

Berechnung der Anteile bei Kombination:

Der Nachweis der Einhaltung des EEWärmeG bei Kombination von Nutzung erneuerbarer Energien und Ersatzmaßnahmen kann nur mit einer geeigneten Software erfolgen, da durch die gegenseitige Beeinflussung der Maßnahmen die Mindestwerte nur iterativ ermittelt werden können.

Zur Erfüllung des EEWärmeG gilt:

$$\frac{\text{Anteil } 1_{\text{tatsächlich}}}{\text{Mindestanteil } 1} + \frac{\text{Anteil } 2_{\text{tatsächlich}}}{\text{Mindestanteil } 2} \geq 1$$

Dabei können auch mehr als zwei Maßnahmen miteinander kombiniert werden.

Beispiel:

Bei einem EFH steht nur eine kleine Dachfläche mit Südausrichtung zur Verfügung. Der Wärmeenergiebedarf kann so nur zu 12 % durch solare Strahlungsenergie gedeckt werden, deshalb wird gleichzeitig der bauliche Wärmeschutz anteilig erhöht:

	Anteil	
	tatsächlich	mindestens
Solarenergie	12 %	15 %
Energiesparmaßnahmen	3 %	15 %

Erfüllung Nutzungspflicht:

$$\frac{12 \%}{15 \%} + \frac{3 \%}{15 \%} = 80 \% + 20 \% = 1$$

Nachweisführung

Im EEWärmeG wird kein speziell auf dieses Gesetz zugeschnittenes technisches Regelwerk herangezogen, sondern es wird auf die technischen Regeln verwiesen, die auch für den EnEV-Nachweis anzuwenden sind. Das bedeutet, dass sich die Anteile am Wärmeenergiebedarf nach EEWärmeG mit den gleichen Normen berechnen lassen wie der Primärenergiebedarf nach EnEV.

Für die Einhaltung des EEWärmeG gelten je nach gewählter Option zur Erfüllung der Nutzungspflicht unterschiedliche Nachweise. Die Eigentümer von neuen Wohngebäuden sind verpflichtet diese Nachweise innerhalb von drei Monaten ab Inbetriebnahme der Heizungsanlage des neuen Gebäudes zu erbringen.

Nachweisberechtigt sind alle Sachkundige, die nach der Energieeinsparverordnung Energieausweise ausstellen können. Sinnvoll ist es, den Nachweis durch denjenigen erbringen zu lassen, der den EnEV-Nachweis führt. Darüber hinaus lässt das Gesetz beim Einsatz bestimmter Energieformen auch Nachweise durch den Anlagenhersteller oder durch den Fachunternehmer zu, der die Anlage eingebaut hat. Nachweise für technische Anforderungen sind der zuständigen Behörde vorzulegen und danach mindestens fünf Jahre aufzubewahren.

Antworten auf wichtige Fragen zum EEWärmeG sind auf der Internetseite des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu finden:
<http://www.bmu.de/40704> [7].

3 Varianten zur Einhaltung von EnEV 2009 und EEWärmeG

3.1 Systembeispiele

Für die Planung neuer Wohngebäude gibt es eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten zur Kombination von baulichem Wärmeschutz und Anlagentechnik. Dabei spielen wirtschaftliche und ökologische Aspekte sowie die Eigentumsverhältnisse eine wichtige Rolle. Es gibt „einfache“ Lösungen zur Erfüllung von EnEV und EEWärmeG, aber einige energetisch und wirtschaftlich sinnvolle Varianten sind weniger offensichtlich.

Nachfolgend werden Beispiele gezeigt, welche die Anforderungen von EnEV 2009 und EEWärmeG durch marktgängige bauliche und anlagentechnische Lösungen erfüllen. Dabei steht die Einhaltung der Mindestanforderungen im Vordergrund. Weiter gehende Energiesparmaßnahmen sind aus energetischer und ökologischer Sicht sinnvoll, zur Erfüllung von EnEV und EEWärmeG jedoch nicht erforderlich. Mit bundeseinheitlichen Investitionszuschüssen bzw. zinsgünstigen Darlehen fördert der Gesetzgeber Gebäude und Anlagen mit besonders hoher Energieeffizienz.

Grundsätzlich sind die dargestellten Anlagenvarianten für alle Wohngebäude (Einfamilienhaus bis Mehrfamilienhaus) geeignet. Unterschiede ergeben sich bei der Art und Weise der Realisierung. Diese werden bei der Beschreibung der Anlagenvarianten ab Seite 16 diskutiert.

Die Kosten der einzelnen Varianten für den Wärmeschutz und die Anlagentechnik, die Energiekosten (Brennstoffkosten) beim jeweiligen baulichen Wärmeschutz sowie die betriebsgebundenen Kosten werden mit dem folgenden Punktesystem qualitativ bewertet.

sehr gering	•
gering	••
mittel	•••
hoch	••••
sehr hoch	•••••

Es ist zu beachten, dass die Energiekosten für das jeweilige Wärmeschutzniveau unter Ansatz des derzeitigen Energiepreisniveaus bewertet werden, da eine Voraussage der zukünftigen Energiepreisentwicklung für die einzelnen Energieträger schwierig ist. Steigen die Energiepreise, wächst die Bedeutung der Energiekosten (Brennstoffkosten) für die Jahresgesamtkosten.

Die zu erwartenden **Jahresgesamtkosten** spielen bei der Auswahl einer Gebäude- und Anlagenvariante eine wesentliche Rolle. Sie setzen sich aus folgenden Kostenbestandteilen zusammen:

- Energie-/Brennstoffkosten
 - Kapitalkosten für den baulichen Wärmeschutz
 - Kapitalkosten für die Anlagentechnik
 - Betriebskosten (Wartung, Schornsteinfeger, Heizkostenabrechnung, Versicherung etc.)
- Dabei können Schwankungen auftreten hinsichtlich:
- Regional unterschiedlicher Energiepreise und Anschlusskosten
 - Schwankungen der Investitionskosten in Abhängigkeit vom Hersteller, Anbieter, von der Region und der Jahreszeit
 - Zinssatz oder Wartungskosten.

Bundeseinheitliche Förderungen

Die **Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)** finanziert im Programm „Energieeffizient Bauen“ Gebäude, deren Primärenergiebedarf und spezifische Transmissionswärmeverlust deutlich niedriger sind, als die in der EnEV für dieses Gebäude vorgeschriebenen Grenzwerte. Diese Gebäude werden als KfW-Effizienzhäuser bezeichnet. Aktuell gültige Förderungen und deren Verfügbarkeit können unter www.kfw.de abgerufen werden. Auf der Internetseite www.zukunft-haus.info der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) sowie auf der Seite www.bauforderer.de von Verbraucherzentrale Bundesverband und KfW-Bankengruppe kann man mögliche Förderungen finden.

System	1	2	3	4	5	6	
	Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage	Öl/Gas-BW + solare TWE + Fensterlüftung	Öl/Gas-BW + solare TWE/ HeizU	Öl/Gas-BW	Öl/Gas-BW + Zu-Abluftanlage mit WRG	Pellets	
baulicher Wärmeschutz	Referenzgebäude ggf. verbessert	etwa Referenzgebäude	Mindestanforderung	deutlich verbessert	verbessert	Mindestanforderung	
Wärmeerzeugung	Heizöl/Gas-Brennwertkessel	Heizöl/Gas-Brennwertkessel	Heizöl/Gas-Brennwertkessel + solare Unterstützung	Heizöl/Gas-Brennwertkessel	Heizöl/Gas-Brennwertkessel	Pelletkessel mit automatischer Beschickung	
Warmwasserbereitung	solare Warmwasserbereitung + BW-Kessel	solare Warmwasserbereitung + BW-Kessel	solare Warmwasserbereitung + BW-Kessel	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	
Lüftung	Abluftanlage	Freie Lüftung (Fensterlüftung)	mit oder ohne Abluftanlage möglich	mit oder ohne Abluftanlage möglich	zentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung (80%)	mit oder ohne Abluftanlage möglich	
Einhaltung EnEV 2009/ EEWärmeG	(a)	min. 15% Deckung Wärmeenergiebedarf durch Solar	min. 15% Deckung Wärmeenergiebedarf durch Solar	Mindestkollektorfläche	Verbesserung baulicher Wärmeschutz auf EnEV2009 -15%	Abwärmenutzung durch WRG + bauliche Maßnahmen	min. 50% Deckung Wärmeenergiebedarf aus fester Biomasse
	(b)	Mindestkollektorfläche	Mindestkollektorfläche				
	(c)	Anteilige Deckung Wärmeenergiebedarf durch Solar + bauliche Maßnahmen					
Energiekosten	●●●	●●●	●●	●●	●●	●●●	
Betriebskosten	●●●	●●●	●●●	●●	●●	●●●●	
Kosten Wärmeschutz	●●●	●●●	●●	●●●●●	●●●●	●●	
Anlagenkosten	Heizöl: ●●●	Heizöl: ●●●	Heizöl: ●●●●	Heizöl: ●●	Heizöl: ●●●	●●●●	
	Erdgas: ●●	Erdgas: ●●	Erdgas: ●●●	Erdgas: ●	Erdgas: ●●		
Erläuterungen	Seite 16	Seite 19	Seite 19	Seite 19	Seite 20	Seite 22	

Die qualitative Kostenbewertung gilt für den Fall, dass der bauliche Wärmeschutz entsprechend EnEV2009/EEWärmeG in Abhängigkeit von der Anlagentechnik festgelegt wird. Bei einheitlichem baulichem Wärmeschutz ergeben sich andere Relationen.

Tabelle 3.1-1 Systembeispiele

7	8	9	10	11	12	13
Luft-Wasser-Wärmepumpe	Sole-Wasser-Wärmepumpe	Luft-Wasser-WP + Zu-Abluftanlage mit WRG	Sole-Wasser-WP + dezentrale TWE	Fern-/ Nahwärme (KWK/regenerativ)	Fern-/ Nahwärme (HW fossil) + solare TWE	Mikro-KWK
Mindestanforderung ¹⁾	Mindestanforderung	Mindestanforderung ¹⁾	Mindestanforderung	Mindestanforderung	verbessert	Mindestanforderung ggf. verbessert
Luft-Wasser-Wärmepumpe + ggf. elektrische Nachheizung	Sole-Wasser-Wärmepumpe	Luft-Wasser-Wärmepumpe + ggf. elektrische Nachheizung	Sole-Wasser-Wärmepumpe	KWK fossil/regenerativ oder Heizwerk regenerativ	Heizwerk fossil	Mikro-KWK
indirekt beheizter Speicher + ggf. elektrische Nachheizung	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	dezentrale TWE (Kleinspeicher, DLE)	indirekt beheizter Speicher	solare Warmwasserbereitung + Fern-/ Nahwärme	indirekt beheizter Speicher
mit oder ohne Abluftanlage möglich	mit oder ohne Abluftanlage möglich	zentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung (80%)	mit oder ohne Abluftanlage möglich	mit oder ohne Abluftanlage möglich	mit oder ohne Abluftanlage möglich	mit oder ohne Abluftanlage möglich
min. 50% Deckung Wärmeenergiebedarf aus Umweltwärme	min. 50% Deckung Wärmeenergiebedarf aus Geothermie	min. 50% Deckung Wärmeenergiebedarf aus Umweltwärme + Abwärmenutzung	min. 50% Deckung Wärmeenergiebedarf aus Geothermie	min. 50% Deckung Wärmeenergiebedarf aus KWK-System	min. 15% Deckung Wärmeenergiebedarf durch Solar	min. 50% Deckung Wärmeenergiebedarf aus KWK-Anlage
					Mindestkollektorfläche	
••	•	•	•••	••••	•••	••
•••	•••	•••	•••	••	••	•••
••	••	••	••	••	••••	••
•••	••••	••••	•••	•	••	••••
¹⁾ bei Einhaltung JAZ des EEWärmeG, Seite 24	Seite 25	¹⁾ bei Einhaltung JAZ des EEWärmeG, Seite 26	Seite 26	Seite 27	Seite 27	Seite 28

Die qualitative Kostenbewertung gilt für den Fall, dass der bauliche Wärmeschutz entsprechend EnEV2009/EEWärmeG in Abhängigkeit von der Anlagentechnik festgelegt wird. Bei einheitlichem baulichem Wärmeschutz ergeben sich andere Relationen.

3.2 Anlagenvarianten

3.2.1 Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage

Diese Variante ist das Referenzgebäude mit Referenzanlage nach Energieeinsparverordnung. Die Berechnung des nach EnEV 2009 zulässigen Primärenergiebedarfs erfolgt nach DIN V 4108-6/4701-10 bzw. DIN V 18599 unter Verwendung von Standardwerten.

Der Standardwert der Kollektorfläche nach EnEV wird nach DIN V 4701-10 in Abhängigkeit von der Nutzfläche und nach DIN V 18599 in Abhängigkeit von der Gebäudegröße und Geometrie ermittelt. Die Anforderungen des EEWärmeG können auch über die Einhaltung einer Mindestkollektorfläche erfüllt werden:

$$1-2 \text{ WE: } A_C = 0,04 \cdot A_N$$

$$> 2 \text{ WE: } A_C = 0,03 \cdot A_N$$

Die Mindestkollektorflächen nach EEWärmeG sind deutlich größer als die Kollektorflächen der Referenzanlage nach EnEV 2009, vgl. Abbildung.



Abbildung 3.2.1-1 Brennwert-Solar-Kombination

Aperturfläche

Die Aperturfläche ist der Bereich innerhalb des Kollektorrahmens, durch den das Sonnenlicht in den Kollektor gelangen kann.

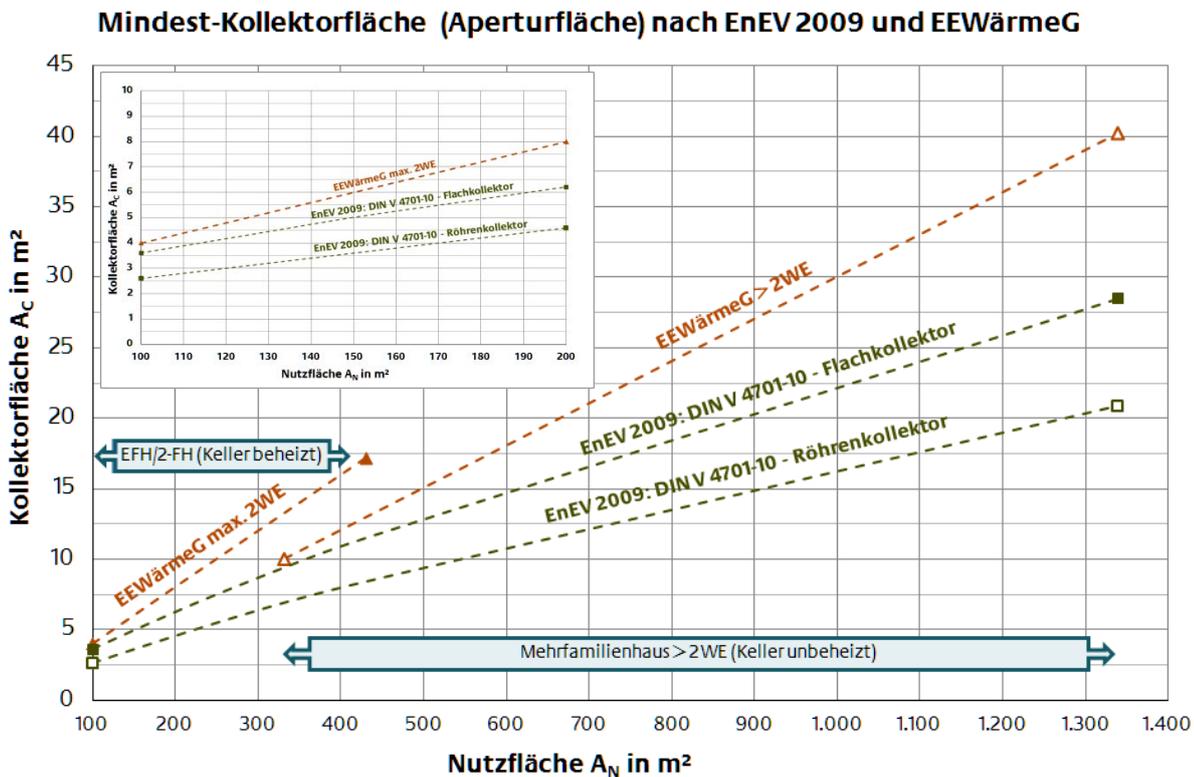


Abbildung 3.2.1-2 Kollektorflächen nach EnEV 2009 und EEWärmeG

Zur Einhaltung von EnEV 2009 und EEWärmeG mit solarer Warmwasserbereitung sind folgende Varianten möglich, siehe Abbildung 3.2.1-4:

- Solaranlage mit höheren Mindestkollektorflächen nach EEWärmeG: Das EEWärmeG ist damit erfüllt, sofern die Kollektoren mit dem „Solar Keymark“ versehen sind. Die gegenüber der EnEV-Referenzanlage vergrößerte Kollektorfläche führt zu einem höheren Solarertrag. Im Vergleich zur EnEV-Referenz kann daher an anderer Stelle eine gewisse energetische Verschlechterung in Kauf genommen werden. So könnte beispielsweise der bauliche Wärmeschutz etwas verringert werden.
- Solaranlage mit Kollektorfläche nach EnEV: Nachweis der Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch solare Strahlungsenergie zu mindestens 15 % und Zertifikat „Solar Keymark“. Ggf. muss die Kollektorfläche gegenüber der EnEV-Referenz vergrößert werden. Bei Verwendung von Röhrenkollektoren ist diese Form des Nachweises empfehlenswert, da die effizienteren, aber teureren Röhrenkollektoren den geforderten Deckungsanteil von 15 % mit einer kleineren Kollektorfläche erfüllen.
- Kombination von erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen: Ist die Kollektorfläche kleiner als die Mindestkollektorfläche nach EEWärmeG, zum Beispiel
 - entsprechend DIN V 4701-10 bzw. DIN V 18599
 - oder bei begrenzter Dachfläche zur Aufstellung,

und wird der Wärmeenergiebedarf nicht zu 15 % gedeckt, müssen zusätzlich andere Maßnahmen zur Einsparung von Energie ergriffen werden. Geeignete Maßnahmen sind:

- Verbesserung des Wärmeschutzes
- Verringerung der Anlagenverluste (z.B. Absenkung der Systemtemperaturen, verstärkte Leitungsdämmung).

Voraussetzungen: Öl/Gas-Brennwert

Es muss entweder ein Gas-Hausanschluss verfügbar sein oder ein Öl- bzw. Flüssiggaslager (Brennstofflager und Aufstellfläche) für die Nutzung von Heizöl/Flüssiggas vorgesehen werden.

Eine effektive Brennwertnutzung kann nur bei niedrigen Systemtemperaturen erfolgen. Die in der EnEV Referenzanlage vorgegebenen Systemtemperaturen von 55/45°C sollten daher möglichst nicht überschritten werden.



Abbildung 3.2.1-3 Brennwertnutzung

Voraussetzungen: solare Warmwasserbereitung

Eine ausreichend große Dachfläche, vorzugsweise mit einer Süd-Ausrichtung (geeignet sind Flächen zwischen Süd-Ost und Süd-West) muss zur Verfügung stehen. Die Kollektoren sollten mit einer Neigung zwischen 25°-50° aufgestellt werden. Ideal ist ein entsprechend geneigtes Dach, alternativ ist eine Aufständering auch auf Flachdächern möglich. Es ist immer auf eine jahreszeitlich bedingte Verschattung durch Bäume oder Nachbarhäuser zu achten.

Lüftungstechnik

Die Referenzanlage sieht eine zentrale (bedarfsgeführte) Abluftanlage mit geregelter Gleichstrom(DC)-Ventilator vor. Die Bedarfsführung wird jedoch bei der Berechnung der Referenzgebäudes nach DIN V 4701-10 nicht berücksichtigt (Anlagenluftwechselrate $n=0,40h^{-1}$). Für das geplante Gebäude kann der rechnerische Anlagenluftwechsel im EnEV-Nachweis auf $n=0,35h^{-1}$ verringert werden, wenn die eingebaute Anlage über eine entsprechende Bedarfsführung verfügt.

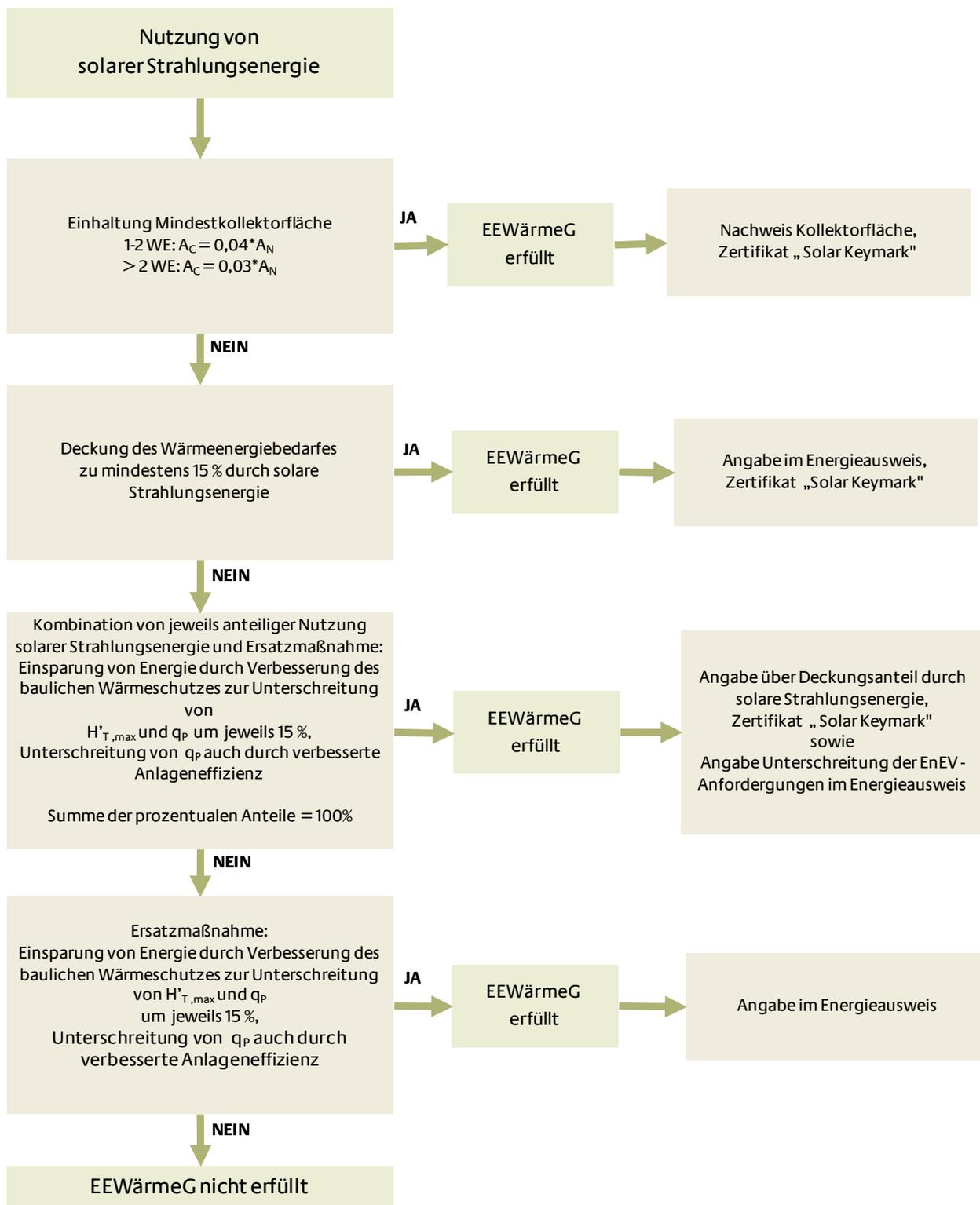


Abbildung 3.2.1-4 Erfüllungsmöglichkeiten EEWärmeG durch Solarthermie

3.2.2 Öl/Gas-BW + solare TWE + Fensterlüftung

Für diese Variante gelten grundsätzlich die gleichen Aussagen wie für Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage. Der Primärenergiebedarf bei Fensterlüftung (freie Lüftung) entspricht in etwa dem der EnEV-Referenztechnik mit Abluftanlage ([6]: Anlagenluftwechselrate $n=0,40h^{-1}$), so dass i. d. R. bei sonst identischer Anlagenkonstellation keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind. Mit einer Lüftungsanlage können jedoch bessere raumlufthygienische Zustände sichergestellt werden.

3.2.3 Öl/Gas-BW + solare TWE mit Heizungsunterstützung

Für die Ausführung von Wärmeerzeuger und Solaranlage gelten die Angaben wie bereits beschrieben. Da der Solarkollektor für eine zusätzliche Heizungsunterstützung ausgelegt wird, erfüllt diese Variante in der Regel die Anforderungen des EEWärmeG sowohl durch die Einhaltung der Mindestkollektorfläche als auch durch die Einhaltung der Mindestdeckung. Der nach EnEV geforderte Primärenergiebedarf kann mit einem gegenüber dem Referenzgebäude schlechteren baulichen Wärmeschutz eingehalten werden, dabei sind die baulichen Mindestanforderungen zu beachten.

Der Energieertrag der solaren Heizungsunterstützung kann mit der DIN V 4701-10 nicht berechnet werden, es wird vielmehr ein pauschaler Deckungsanteil von 10 % des Wärmeenergiebedarfs Heizung unterstellt, wenn die Kollektorfläche die 1,8-fache Größe der Standardkollektorfläche aufweist. In der Realität können sich andere Deckungsanteile ergeben, genauere Vorhersagen sind mit Hilfe von Simulationsverfahren möglich, die Ergebnisse können in den EnEV-Nachweis eingebunden werden.

Für die solare Heizungsunterstützung im Mehrfamilienhaus muss eine genügend große Dachfläche zur Verfügung stehen.

3.2.4 Öl/Gas-Brennwert und deutlich erhöhter baulicher Wärmeschutz

Diese Variante (im Gegensatz zur Referenzanlage ohne solare Warmwasserbereitung) kann die EnEV 2009 nur durch eine deutliche Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle einhalten, da der fehlende Ertrag der Solaranlage anderweitig kompensiert werden muss. Zusätzlich müssen zur Einhaltung des EEWärmeG die Anforderungen der EnEV um 15 % unterschritten werden, dies betrifft sowohl den zulässigen Primärenergiebedarf als auch den spezifischen Transmissionswärmeverlust. Diese Vorgaben sind nur mit einem extrem erhöhten baulichen Wärmeschutz in Verbindung mit einer Optimierung der Anlagentechnik (beispielsweise Absenkung der Systemtemperaturen) einzuhalten. Für die Einhaltung von EnEV und EEWärmeG stellt diese Variante daher keine Standardlösung dar.

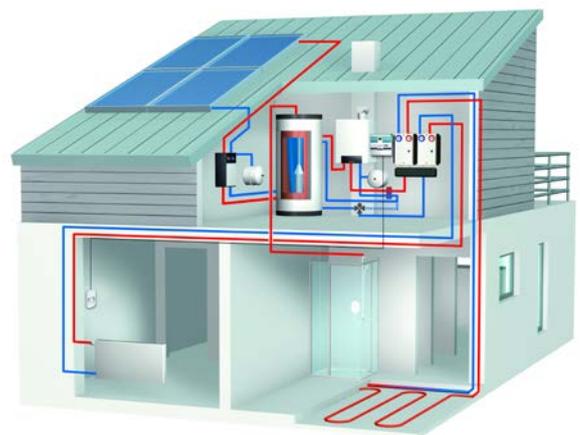


Abbildung 3.2.4-1 Brennwert-Solar-Kombination für Heizung und Warmwasser

3.2.5 Öl/Gas-BW + Zu-/Abluftanlage mit WRG mittels Wärmeübertrager

Für den Öl/Gas-Brennwert-Wärmeerzeuger gelten die gleichen Anforderungen wie bereits beschrieben. Die Warmwasserbereitung erfolgt über einen indirekt beheizten Speicher. Zusätzlich ist eine zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung mittels Wärmeübertrager vorgesehen. Diese Nutzung von Abwärme gilt nur dann als Ersatzmaßnahme nach EEWärmeG, wenn der Wärmeenergiebedarf zu 50 % daraus gedeckt wird. Das ist in der Regel nicht der Fall. Daher sind zusätzlich bauliche Maßnahmen erforderlich, bis zur 100 %igen Erfüllung des EEWärmeG aus der Kombination der Maßnahmen. Durch die gegenseitige Beeinflussung von Abwärmennutzung und baulichen Wärmeschutz können die Deckungsanteile nur iterativ ermittelt werden.

Zusätzlich können die zentralen Zuluftsysteme und die zentralen Zu-/Abluftsysteme über eine Zuluftvorwärmung mittels Erdreich-Luft-Wärmeübertrager oder Solar-Luft-Kollektor verfügen. Diese zusätzliche Komponente nutzt Erneuerbare Energie im Sinne des EEWärmeG. Im Standardfall nach DIN V 4701-10 und in der hier berechneten Variante wird von einer elektrischen Luftvorwärmung ausgegangen. Wenn ein Erdreich-Wärmeübertrager eingesetzt wird, kann die elektrische Luftvorwärmung entfallen. Der Anteil genutzter Erneuerbarer Energie durch den Erdreich-Wärmeübertrager kann nur abgeschätzt werden, er entspricht mindestens dem Stromaufwand für den sonst notwendigen Frostschutzbetrieb durch elektrische Luftvorwärmung. Alternativ zu DIN V 4701-10 kann eine energetische Bewertung von Wohngebäuden entsprechend EnEV 2009 auch mit DIN V 18599 erfolgen. Bei diesem Bewertungsverfahren wird die durch den Erdreichwärmeübertrager genutzte erneuerbare Energie (Geothermie) korrekt ausgewiesen und kann damit beim Nachweis nach EEWärmeG angerechnet werden.

Zur Erfüllung des EEWärmeG gilt:

$$\frac{\text{Deckungsanteil Abwärme}}{50 \% \text{ Mindestanteil}} + \frac{\text{Deckungsanteil regenerative Energie (Erdreich – WÜT)}}{50 \% \text{ Mindestanteil}} + \frac{\text{Deckungsanteil zur Einsparung von Energie}}{15 \% \text{ Mindestanteil}} \geq 1$$

Ventilatorgestützte Lüftung im Sinne des EEWärmeG:

- Zentrales Abluftsystem mit WRG mittels Abluft-Wasser-Wärmepumpe
- Zentrales Zu-/Abluftsystem mit WRG mittels Abluft-Zuluft-Wärmeübertrager
- Zentrales Zu-/Abluftsystem mit WRG mittels Abluft-Zuluft-Wärmepumpe
- Zentrales Zu-/Abluftsystem mit WRG mit Abluft-Zuluft-Wärmeübertrager und Abluft-Zuluft-Wärmepumpe

Die zentralen Zuluftsysteme und die zentralen Zu-/Abluftsysteme können über eine Zuluftvorwärmung mittels Erdreich-Luft-Wärmeübertrager oder Solar-Luft-Kollektor verfügen.

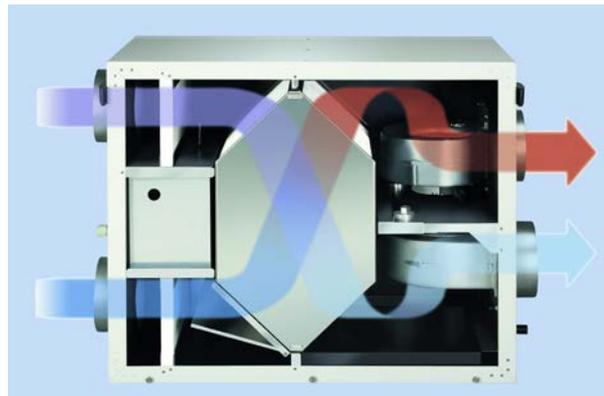


Abbildung 3.2.5-1 Kreuzgegenstrom-Wärmeübertrager

Deckungsanteil durch Abwärmenutzung

Der Deckungsanteil der Abwärmerückgewinnung ist das Verhältnis des Deckungsbeitrages der Anlage bezogen auf den Gesamt-Wärmeenergiebedarf des Gebäudes. Der Wärmeenergiebedarf wird aus den Berechnungen zur EnEV nach DIN V 4701-10/DIN V 4108-6 oder nach DIN V 18599 ermittelt und enthält die zur Deckung des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung jeweils einschließlich der Aufwände für Übergabe, Verteilung und Speicherung jährlich benötigte Wärmemenge. Dabei ist die Gutschrift für die Abwärmenutzung bereits beim Wärmeenergiebedarf Heizung berücksichtigt. Für die Berechnung des Deckungsanteils der zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist dem Wärmeenergiebedarf Heizung q^*_H dieser Anteil der Lüftungsanlage, der bereits zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch die Wärmerückgewinnung beiträgt, wieder hinzuzufügen.

Wärmeenergiebedarf bei Anlagen mit Lüftung und Wärmerückgewinnung:

$$\begin{aligned} \text{Wärmeenergiebedarf} = & \\ & \text{Wärmeenergiebedarf Heizung } q^*_H \\ & + \text{Lüftungsbeitrag } q_{h,L} \\ & + \text{Wärmeenergiebedarf Warmwasser } q^*_{TW} \end{aligned}$$

Damit ergibt sich bei Systemen mit Lüftungsanlagen und Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager (WÜT) und/oder Abluft-Wärmepumpen (Abluft-WP):

$$\alpha_{\text{Abwärme}} = \frac{q_{L,g,WRG} + q_{L,g,WP}}{q^*_H + q^*_{TW} + \sum q_{L,g,i}}$$

$\alpha_{\text{Abwärme}}$	Deckungsanteil durch Abwärmenutzung
$q_{L,g,WRG}$	Lüftungswärmegewinn durch WÜT
$q_{L,g,WP}$	Jahresheizarbeit der Abluft-Wärmepumpe
q^*_H	spezifischer Wärmeenergiebedarf Heizung
q^*_{TW}	spezifischer Wärmeenergiebedarf TWE
$\sum q_{L,g,i}$	Summe der Jahresheizarbeit durch Wärmerückgewinnung (WÜT, Abluft-WP)

Die Berechnung der anteiligen Deckung am Wärmeenergiebedarf bei einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung ist nur mit genauer Kenntnis von Berechnungsnormen und EEWärmeG möglich. Für praktische Anwendungen ist daher die Verwendung einer geeigneten Software einer Rechnung von Hand vorzuziehen.

Beispiel: Nachweis EEWärmeG Musterhaus EFH

Wärmeenergiebedarf Heizung q^*_H	26,0	kWh/m ² a
Lüftungsbeitrag $q_{h,L}$	18,7	kWh/m ² a
Wärmeenergiebedarf TWE q^*_{TW}	23,5	kWh/m ² a
Wärmeenergiebedarf	= 26,0 + 18,7 + 23,5	kWh/m² a
	=	68,2 kWh/m² a

Anteilige Deckung RLT mit WRG

$$\alpha_{\text{Abwärme}} = \frac{18,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}}{68,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}} \cdot 100 \% = 27,4 \%$$

Vollständige Erfüllung des EEWärmeG 50 %

⇒ Weitere Energiesparmaßnahmen erforderlich

Erfüllung Nutzungspflicht:

$$\begin{aligned} & \frac{27,4 \% \text{ aus Abwärme}}{50 \% \text{ Mindestanteil}} \\ & + \frac{7,2 \% \text{ Unterschreitung EnEV}}{15 \% \text{ Mindestanteil}} \end{aligned}$$

$$= 54,8 \% + 47,8 \% > 1$$

3.2.6 Pellets

Pelletanlagen verwenden heimische, regenerative Rohstoffe und haben damit einen niedrigen Primärenergiebedarf. Die Anforderungen der EnEV 2009 können so bereits unter Einhaltung des minimalen Wärmeschutzes der Gebäudehülle eingehalten werden. Gleichzeitig erfüllen Pelletanlagen direkt die Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien nach dem EEWärmeG, wenn der Wärmeenergiebedarf zu mindestens 50 % daraus gedeckt wird und der Kesselwirkungsgrad

- bis einschließlich 50kW Leistung mindestens 86 % und
- über 50kW Leistung mindestens 88 %

beträgt. Der Nachweis der Einhaltung der im EEWärmeG geforderten Mindestkesselwirkungsgrade erfolgt immer durch Angaben des Herstellers. Die Mindestdeckung des Wärmeenergiebedarfs ist bei alleiniger Beheizung durch Pelletanlagen gegeben.

Kesselwirkungsgrad

Produktwert nach dem Verfahren der DIN EN 303-5 (1999-06) [8] durch Hersteller bestimmt

Für die energetische Berechnung zur Einhaltung der EnEV 2009 sind keine Mindestkesselwirkungsgrade vorgegeben. Die Berechnung kann sowohl mit spezifischen Produktkennwerten als auch mit den Standardwerten nach DIN V 4701-10 bzw. DIN V 18599 erfolgen. Die Standardwerte beider Normen erfüllen die Vorgaben des EEWärmeG nicht. Da die EnEV 2009 in jedem Fall bereits mit den Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz erfüllt wird, bleibt die Verwendung der Standardwerte ohne Einfluss auf die energetische Qualität der Gebäudehülle. Unter Verwendung eines Kesselwirkungsgrades, der das EEWärmeG erfüllt, ergibt sich rechnerisch ein geringerer End- und Primärenergiebedarf.

Pellets

Holzpellets sind kleine zylindrische Presslinge aus naturbelassenen Holzspänen, wie sie z.B. im Holzverarbeitenden Gewerbe anfallen.



Abbildung 3.2.6-1 Hackschnitzel, Pellets und Stückholz

Wärmeerzeuger für feste Biomasse gibt es auch für Hackschnitzel, Stückholz o. ä., für diese gelten im Prinzip die gleichen Aussagen wie für Pelletanlagen.

Wird der Pelletkessel zusätzlich mit einer Solaranlage kombiniert, kann die Kesselaufzeit im Sommer minimiert und die Energieeffizienz nochmals gesteigert werden.

Pelletanlagen haben hohe Investitionskosten, weisen dafür aber Energiekosteneinsparungen gegenüber herkömmlichen Heizsystemen auf. Dieser Vorteil macht sich bei größeren Gebäuden deutlicher bemerkbar.

Voraussetzungen: Pelletanlage

Für die Lagerung der Pellets muss eine entsprechende Lagerfläche zur Verfügung stehen. Um den gleichen Komfort wie bei Öl/Gas-Varianten realisieren zu können, ist eine vollautomatische Zufuhr der Pellets aus dem Lagerraum zum Kessel vorzusehen. Alternativ kann bei Einfamilienhäusern durch den Betreiber der Anlage auch eine händische Beschickung des Pelletkessels über den Vorratsbehälter erfolgen.

Beispiel: Musterhaus EFH

Heizkesselnennleistung: 12 kW	
Mindestkesselwirkungsgrad nach EEWärmeG:	86 %
Standardwert nach DIN V 4701-10:	80 %

Die verschiedenen Möglichkeiten zur Erfüllung des EEWärmeG mit Biomasse und /oder Ersatzmaßnahmen sind in der nachfolgenden Abbildung 3.2.6-2 dargestellt.

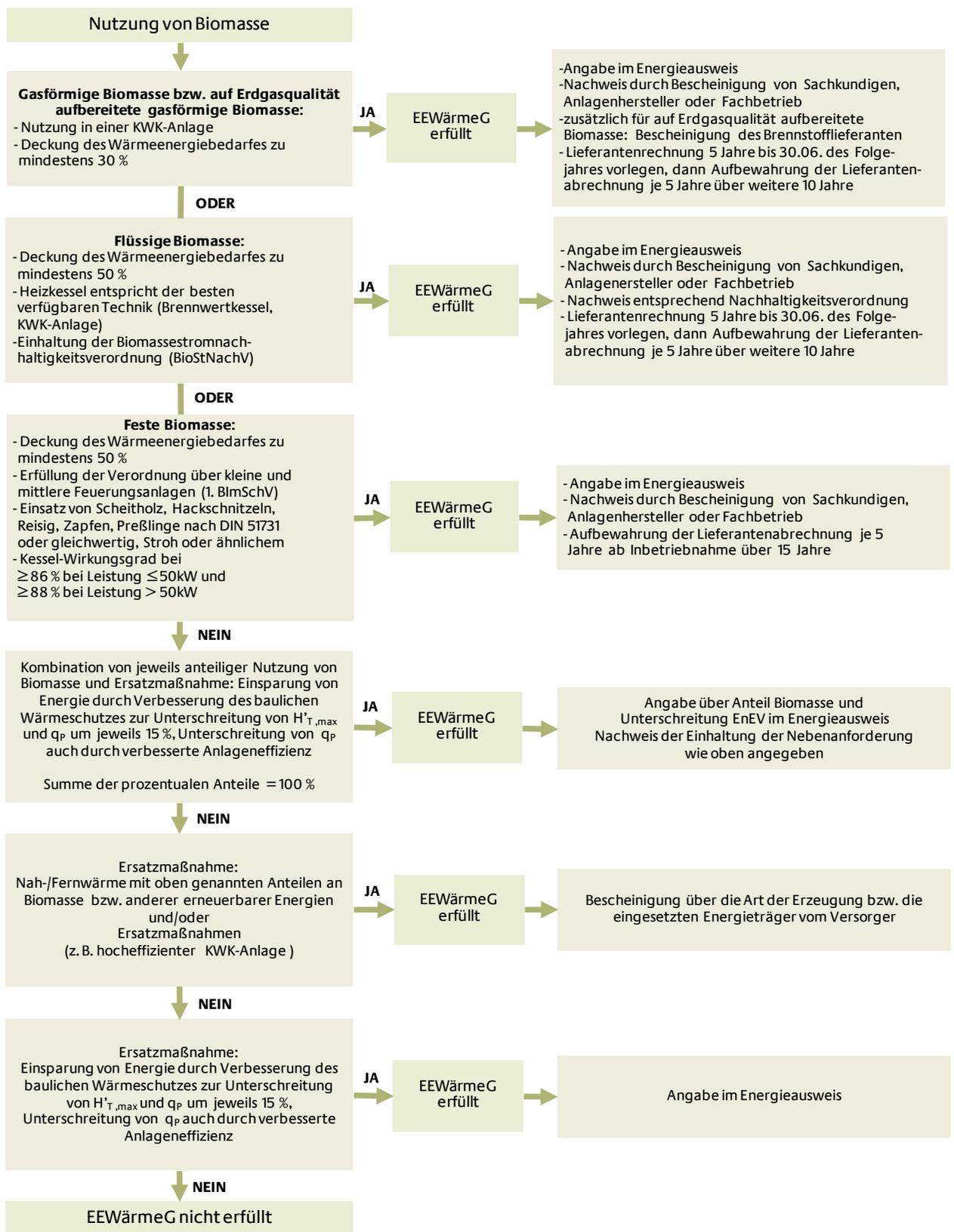


Abbildung 3.2.6-2 Erfüllungsmöglichkeiten EEWärmeG durch Biomasse

3.2.7 Luft-Wasser-Wärmepumpe

Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen als Energiequelle die Außenluft, wobei sowohl eine Innen- als auch eine Außenaufstellung der Wärmepumpe möglich ist. Der bauliche Aufwand für die Erschließung der Wärmequelle Luft ist gering, jedoch sinkt die Leistungszahl der Wärmepumpe mit der Außentemperatur. Vielfach wird daher die Wärmepumpe monoenergetisch mit einer elektrischen Nachheizung betrieben. Bei entsprechender Auslegung kann aber auch eine monovalente Betriebsweise, d.h. eine alleinige Beheizung des Gebäudes durch die Luft-Wärmepumpe, erfolgen.

Die Leistungszahl der Wärmepumpe ist desto höher, je niedriger die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage ist. Deshalb sind besonders Fußbodenheizungen, bedingt auch Radiatorheizungen mit Vorlauftemperaturen bis max. 55°C geeignet. Auch wenn die Luft-Wärmepumpen leise laufen, entstehen durch den Ventilator Geräusche, so dass bei Aufstellung die Nähe zu Schlafräumen bzw. Nachbarhäusern zu berücksichtigen ist.

Die Nutzungspflicht regenerativer Energien nach dem EEWärmeG gilt als erfüllt, wenn mindestens 50 % des Wärmeenergiebedarfs über die Wärmepumpe gedeckt werden und diese die Anforderungen an die Jahresarbeitszahl erfüllt. Im Beispiel ist die Anlage auf einen Deckungsanteil von 95 % ausgelegt, 5 % werden elektrisch nachgeheizt. Für die energetische Berechnung zur Einhaltung der EnEV 2009 sind keine Mindest-Jahresarbeitszahlen vorgegeben. Die Berechnung kann sowohl mit den spezifischen Produktkennwerten als auch mit den Standardwerten für mittlere Klimaverhältnisse in Deutschland erfolgen. Die Standardwerte liegen allerdings unter den Vorgaben des EEWärmeG. In Abhängigkeit von den konkreten Systemkonfigurationen können daher bei Verwendung der Standardwerte höhere Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz resultieren, als bei Verwendung spezifischer Produktkennwerte.

Für den Nachweis nach EEWärmeG ist die Berechnung der Jahresarbeitszahl unter Berücksichtigung der Klimaregion durchzuführen.

Der Einbau eines Wärmemengen- und Stromzählers zur Möglichkeit der Berechnung der Wärmepumpen-Jahresarbeitszahl ist bei allen Luft-Wasser-Wärmepumpen-Anlagen vorgeschrieben.

Wärmepumpen-Prinzip

Eine Wärmepumpe nutzt die Wärme aus

- Umgebungsluft
- Erdreich oder
- Grundwasser.

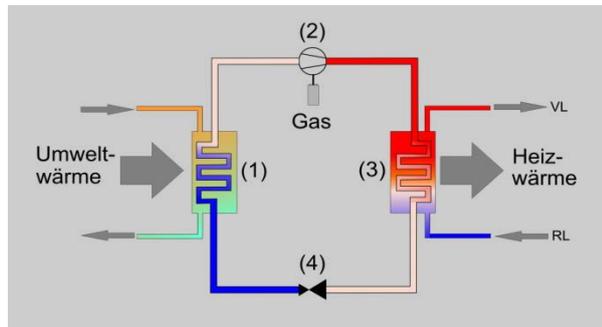


Abbildung 3.2.7-1 Wärmepumpenprinzip

- (1) Im Verdampfer nimmt das Kältemittel die Wärme aus der Umwelt auf und verdampft.
- (2) Im Verdichter wird das gasförmige Kältemittel durch Kompression auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Dafür benötigt das Gerät elektrische Energie.
- (3) Im Verflüssiger gibt das Kältemittel die Wärmeenergie an den Heizkreislauf ab.
- (4) Im Expansionsventil wird das Kältemittel entspannt, um danach den Kreislauf von Neuem zu durchlaufen.

Jahresarbeitszahl (JAZ)

Die Jahresarbeitszahl ist das Verhältnis der im Jahr abgegebenen Nutzwärme bezogen auf die eingesetzte elektrische Energie (Antrieb des Verdichters, Hilfsenergie). Die Berechnung erfolgt nach den anerkannten Regeln der Technik (z.B. VDI 4650 [9]).

Mindest-Jahresarbeitszahlen - EEWärmeG Wärmepumpen zur Heizung:

- | | |
|----------------------------------|-----|
| • Luft/Wasser- und Luft/Luft-WP | 3,5 |
| • alle anderen Wärmepumpen | 4,0 |
| Wärmepumpen zur Heizung und TWE: | |
| • Luft-Wasser- und Luft-Luft-WP | 3,3 |
| • alle anderen Wärmepumpen | 3,8 |

3.2.8 Sole-Wasser-Wärmepumpe

Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzen als Energiequelle das Erdreich. Um die Wärme der Erde zu entziehen stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- Erdsonde
- Erdkollektor
- Energiekorb

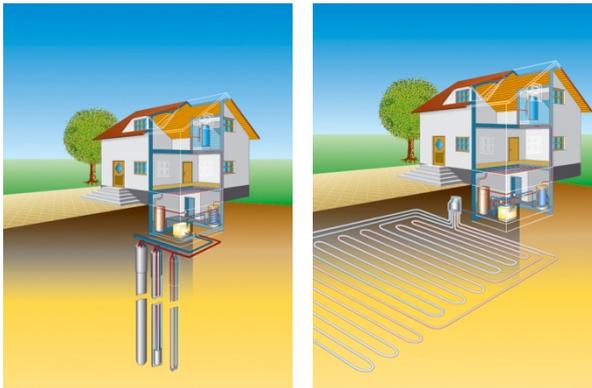


Abbildung 3.2.8-1 Erdwärmesonden und Erdkollektor

Für die Bohrungen wird eine relativ geringe Fläche benötigt, das Grundstück muss aber genügend Platz für das Bohrgerät bieten. Für einen Erdkollektor ist eine ausreichend große Fläche notwendig, die nicht überbaut werden darf. Der Energiekorb kommt zur Anwendung wenn weder genügend Fläche für einen Flachkollektor da ist, noch die Bodenbeschaffenheit in größerer Tiefe Erdwärmesonden zulässt. Die Nutzungspflicht regenerativer Energien nach dem EEWärmeG gilt als erfüllt, wenn mindestens 50% des Wärmeenergiebedarfs über die Wärmepumpe gedeckt werden und diese die Anforderungen an die Jahresarbeitszahl erfüllt. Außerdem ist der Einbau eines Wärmemengen- und Stromzählers erforderlich, der die Berechnung der Wärmepumpen-Jahresarbeitszahl ermöglicht (außer bei Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit einer nachweislichen Vorlauftemperatur bis 35°C). Die Leistungszahl der Wärmepumpe ist umso höher, je niedriger die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage ist. Deshalb sind besonders Fußbodenheizungen, bedingt auch Radiatorheizungen mit Vorlauftemperaturen bis max. 55°C geeignet.

Leistungszahl (ϵ)

Die Leistungszahl ist der Quotient aus Heizleistung und Verdichter-Antriebsleistung bei einem definierten Betriebszustand.

Für die energetische Berechnung zur Einhaltung der EnEV 2009 gelten die gleichen Angaben wie bei der vorher beschriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpe. Allerdings wird mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe die EnEV 2009 bereits mit den Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz erfüllt, damit bleibt die Verwendung der Standardwerte bei Sole-Wärmepumpen ohne Einfluss auf die energetische Qualität der Gebäudehülle. Unter Verwendung der zur Erfüllung des EEWärmeG erforderlichen Produktkennwerte ergibt sich rechnerisch ein geringerer End- und Primärenergiebedarf.

Monovalente Betriebsweise

Es erfolgt eine alleinige Beheizung des Gebäudes durch die Wärmepumpe.

Bivalente Betriebsweise

Die Wärmepumpe deckt den Wärmebedarf bis zur Bivalenztemperatur, danach muss ein zweiter Wärmeerzeuger den Wärmebedarf ganz oder teilweise decken.

Monoenergetische Betriebsweise

Luft-Wärmepumpen werden in der Regel monoenergetisch betrieben, d. h. die Nachheizung ab Bivalenztemperatur (-2 bis -10°C) erfolgt mittels Elektroheizung.

Bivalenztemperatur

Grenz-Außentemperatur, ab der ein zweiter Wärmeerzeuger zugeschaltet wird.

3.2.9 Luft-Wasser-Wärmepumpe + Zu-/Abluftanlage mit WRG

Prinzipiell gelten alle bei Anlage (7) getroffenen Aussagen zur energetischen Berechnung und zur Einhaltung des EEWärmeG auch für Anlage (9). Bei dieser Variante können die Anforderungen der EnEV bereits bei minimal notwendigen Wärmeschutz erfüllt werden, die Erfüllung des EEWärmeG erfolgt dabei durch die anteilige Deckung des Wärmeenergiebedarfes durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe unter Einhaltung der Mindest-Jahresarbeitszahl. Zusätzlich wird Abwärme in der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung genutzt.

Anwendung findet diese Anlagentechnik oft in ohnehin besonders gut wärmegeprägten Gebäuden, z.B. einem KfW-Effizienzhaus 70. In diesen Fällen kann die Erfüllung des EEWärmeG alternativ auch durch die Kombination von Abwärmenutzung und baulichen Maßnahmen nachgewiesen werden, vgl. Vorgehensweise Anlage (5). Für die eingesetzte Wärmepumpe gilt dann keine Mindestanforderung an die Jahresarbeitszahl. Speziell für Energiesparhäuser im Einfamilienhausbereich wurden Wärmepumpen in Kompaktbauweise entwickelt, welche in einem Gerät die Funktionen Heizen, Lüften und Warmwasserbereitung vereinen. Diese Geräte sind für noch höhere Energieeffizienz zusätzlich mit einer Solaranlage kombinierbar. Die grundsätzlichen Aussagen zur Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung gelten analog Anlage (5).

Im Mehrfamilienhausbereich werden die Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung häufig wohnungsweise ausgeführt, um Schwierigkeiten beim Schallschutz, der Heizkostenabrechnung und der wohnungsweisen Regelbarkeit zu vermeiden.

3.2.10 Sole-Wasser-Wärmepumpe + dezentrale elektrische TWE

Im Unterschied zur Anlage (8) wird bei diesem System die zentrale Beheizung über die Sole-WP mit einer dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung kombiniert. Damit gilt entsprechend Abschnitt 2 ein anderer Höchstwert für den zulässigen Jahresprimärenergiebedarf für das geplante Gebäude.

Zur Einhaltung der EnEV 2009 gilt:

$$q_{P,zul.,elektr.TWE} = q_{P,Referenz,elektr.TWE} - 10,9 \text{ kW/m}^2a$$

Der Primärenergiebedarf kann bei einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler elektrischer Trinkwassererwärmung bereits bei baulichen Mindestanforderungen eingehalten werden.

Zur Erfüllung des EEWärmeG muss der Wärmeenergiebedarf des Gebäudes zu mindestens 50% aus der Wärmepumpenanlage gedeckt werden. Zusätzlich gelten die weiteren Anforderung des EEWärmeG (Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe, ggf. Einbau von Zählern, vgl. Seite 25).

Wärmepumpentarif

Die Elektroenergieversorger bieten oft spezielle niedrigere Wärmepumpentarife an, bei denen sich der Versorger eine mögliche Sperrzeit vorbehält (max. 3 x 2 h am Tag). Auch kann sich der Strompreis tageszeitabhängig in Hoch- bzw. Niedertarif gliedern. Um diese Schwankungen auszugleichen, sollte daher immer ein Pufferspeicher vorgesehen werden.

3.2.11 Fern-/Nahwärme (KWK fossil / HW regenerativ)

Bei dieser Variante können sich die Art der Erzeugung der Fern- bzw. Nahwärme, der jeweils eingesetzte Energieträger und in Folge dessen der Primärenergiefaktor unterscheiden. Die EnEV 2009 wird mit den Mindestanforderungen an die Gebäudehülle auch mit dem ungünstigsten Primärenergiefaktor eingehalten. Folgenden Nah-/Fernwärmanlagen mit den entsprechenden Primärenergiefaktoren sind in dieser Variante denkbar:

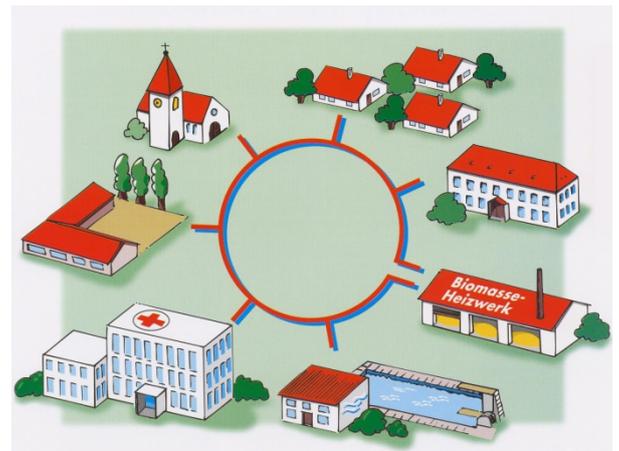


Abbildung 3.2.11-1 Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz

Energieträger		Primärenergiefaktor	Beispiele
Nah-/Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung	fossiler Brennstoff	0,7	auf Basis von Erdgas, Heizöl, Kohle
	erneuerbarer Brennstoff	0,0	auf Basis von Bioerdgas bzw. Biogas, Pellets, Stückholz, Hackschnitzeln, Stroh o.ä.
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	erneuerbarer Brennstoff	0,1	auf Basis von Pellets, Stroh, Stückholz, Bioöl, Hackschnitzeln, o.ä.

Tabelle 3.2.11-1 Primärenergiefaktoren für Nah-/Fernwärme nach DIN V 4701-10

Alle möglichen Kombinationen erfüllen das EEWärmeG durch die Ersatzmaßnahme Nah- oder Fernwärmeversorgung aus

- erneuerbaren Energien oder
- mindestens 50 % aus KWK oder
- einer Kombination der genannten.

Für den Nachweis im Sinne des EEWärmeG ist eine Bescheinigung über die Art der Erzeugung bzw. die eingesetzten Energieträger vom Versorger einzuholen, wie zum Beispiel eine Bescheinigung des Wärmenetzbetreibers nach dem Muster des Regelwerkbausteins FW 309 Teil 5 der AGFW [10]. Für die Berechnungen nach EnEV 2009 kann der auf der Grundlage der technischen Regeln berechnete Primärenergiefaktor des Versorgers angesetzt werden.

3.2.12 Fern-/Nahwärme (HW fossil) + solare TWE

Die Erzeugung der Fern- bzw. Nahwärme erfolgt bei diesem System im Heizwerk mit einem fossilen Energieträger. Damit kann die Fern- bzw. Nahwärme nicht als Ersatzmaßnahme zur Erfüllung des EEWärmeG herangezogen werden. Da infolge des schlechteren Primärenergiefaktors für ein fossil betriebenes Heizwerk ($f_p = 1,3$) der Wärmeschutz der Gebäudehülle gegenüber dem Referenzgebäude zur Einhaltung der EnEV 2009 bereits verbessert werden muss, wird eine solare Warmwasserbereitung vorgesehen. Die Anforderungen des EEWärmeG werden über die Mindestdeckung durch solare Strahlungsenergie von 15 % und dem Einsatz von Kollektoren mit „Solar Keymark“ erfüllt. Alternativ wäre der Nachweis über den Einsatz der Mindestkollektorfläche nach EEWärmeG möglich.

3.2.13 Mikro- bzw. Mini-KWK-Anlage

Mikro- oder Mini-KWK-Anlagen nutzen die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme zur Heizung und Warmwasserbereitung. Sie unterscheiden sich hinsichtlich des eingesetzten Energieträgers und der Art der Stromerzeugung.

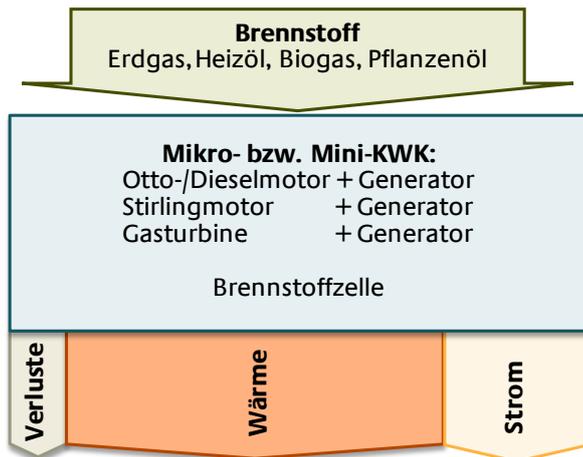


Abbildung 3.2.13-1 Prinzip Kraft-Wärme-Kopplung

Da in den anerkannten Regeln der Technik keine Standardwerte für die Berechnung von Mikro- bzw. Mini-KWK-Anlagen vorliegen, müssen zur Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfs Annahmen getroffen werden. Damit sind die hier angegebenen Werte nicht allgemeingültig, für ein konkretes Projekt müssen entsprechende Werte ermittelt werden.

Musterhäuser	EFH	12-FH
Abgeschätzte Heizlast – Referenzgebäude Musterhaus	8,2 kW	43,2 kW
Deckungsanteil KWK-System	85 %	80 %
Nutzungsgrad thermisch	63 %	65 %
Nutzungsgrad elektrisch	22,5 %	23 %
Primärenergiefaktor KWK	0,82	0,77

Tabelle 3.2.13-1 Randbedingungen der betrachteten KWK-Systeme

Kann das KWK-System den Wärmeenergiebedarf nicht zu 100 % decken, wird ein zusätzlicher (Spitzenlast-) Wärmeerzeuger benötigt, üblicherweise ist dies ein Brennwert-Gerät. Teilweise sind diese als Zusatzbrenner direkt im Gerät integriert.

Das EEWärmeG wird ersatzweise durch die Einhaltung der Mindestdeckung von 50 % durch das KWK-System erfüllt.

Nach DIN V 4701-10 darf Wärme, die innerhalb eines Gebäudes durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird, so behandelt werden, wie Wärme aus einer außerhalb angeordneten Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung. In diesem Fall wird für das KWK-System ein Primärenergiefaktor berechnet. Werden bei der Bestimmung des Primärenergiefaktors alle gerätebedingten Verluste berücksichtigt, darf mit einer Erzeuger-Aufwandszahl von 1,0 und einem Hilfsenergiebedarf von 0 kWh/(m² a) gerechnet werden.

Alternativ zur Bestimmung eines speziellen Primärenergiefaktors können auch Brennstoffbedarf sowie Wärme- und Stromerzeugung des KWK-Systems berechnet werden. Bei der Berechnung des Primärenergiebedarfs erfolgt dann eine Gutschrift für den erzeugten KWK-Strom. Diese Art der Berechnung empfiehlt sich für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, da der Brennstoffbedarf und der erzeugte Strom neben den Investitions- und Betriebskosten maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit eines KWK-Systems sind und direkt in die Wirtschaftlichkeitsberechnung übernommen werden können.

Mikro-KWK-Anlagen für Einfamilienhäuser werden derzeit nur in geringem Umfang angeboten, in naher Zukunft wollen jedoch mehrere Hersteller neue Produkte, vor allem mit Stirling-, aber auch mit konventionellen Verbrennungsmotoren, auf den Markt bringen. Eine bessere Wirtschaftlichkeit erzielen Mini-KWK-Anlagen oft in Mehrfamilienhäusern, dort steht auch ein etwas breiteres Sortiment zur Verfügung.

3.3 Wärmeschutzvarianten

Das bauliche Wärmeschutzniveau ist verantwortlich für die Einhaltung des geforderten spezifischen Transmissionswärmeverlusts und – im Zusammenspiel mit der Anlagentechnik – auch für den Primärenergiebedarf.

In nachfolgenden Tabellen werden Beispielkonstruktionen für die verschiedenen Bauteile der Hüllfläche mit den jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten angegeben, die zur Ausführung des Referenzwärmeschutzes und zu deutlich erhöhten baulichen Wärmeschutz führen.

Hüllfläche

Wärmeübertragende Umfassungsfläche eines Wohngebäudes, die das gesamte beheizte Volumen einschließt.

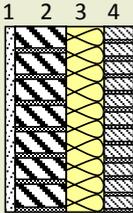
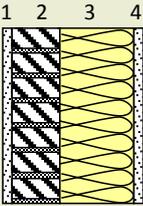
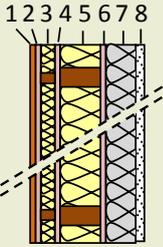
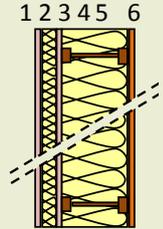
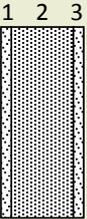
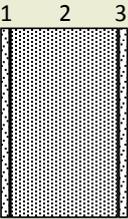
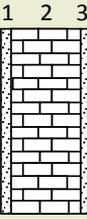
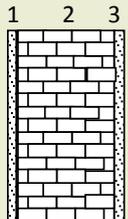
	Referenzgebäude			Deutlich erhöhter Wärmeschutz				
	Wandaufbau	Dicke [cm]	λ [W/mK]	Wandaufbau	Dicke [cm]	λ [W/mK]	λ [W/mK]	λ [W/mK]
Mehrschalige Bauweise	1 Putz	1,5	0,70	1 Innenputz	1	0,75	0,75	0,75
	2 Kalksandstein	20	0,99	2 Kalksandstein	17,5	1,10	1,10	1,10
	3 Dämmung	12	0,04	3 Dämmung	30,0	0,03	0,035	0,04
	4 Klinker	11,5	0,96	4 Außenputz	1,5	0,35	0,35	0,35
	Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,28	Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,10	0,11	0,13
								
Holzständerbauweise				1 Gipskartonplatte	1,25	0,25	1,25	0,25
				2 Holzwerkstoffplatte	1,2	0,13	1,2	0,13
				3 Dämmung	6,0	0,035	6,0	0,035
				4 Holzwerkstoffplatte	1,2	0,13	1,2	0,13
				5 Dämmung	14	0,035	14	0,035
				6 Holzwerkstoffplatte	1,2	0,13	1,2	0,13
				7 Dämmung	12,0	0,035	12,0	0,035
				8 Außenputz	1,0	0,70	1,0	0,70
				Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,10		0,10
								
				1 Holzwerkstoffplatte	1,25	0,35	1,25	0,35
				2 Dämmung	6,0	0,04	6,0	0,04
				3 Holzwerkstoffplatte	1,5	0,13	1,5	0,13
				4 I-Träger	30,0	0,22	30,0	0,22
				5 Dämmung	30,0	0,04	30,0	0,04
				6 DWD-Platte	1,6	0,09	1,6	0,09
				Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,11		0,11
								
Monolithische Bauweise	1 Putz	1,5	0,70	1 Innenputz	1,5	0,70	1,5	0,70
	2 Porenbetonstein	30,0	0,09	2 Porenbetonstein	49,0	0,07	2 Porenbetonstein	49,0
	3 Putz	2,0	1,2	3 Außenputz	2,5	0,30	3 Außenputz	2,5
	Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,28	Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,14	Bauteil U-Wert in W/m ² K	
								
				1 Innenputz	1,5	0,70	1 Innenputz	1,5
	2 Ziegelmauerwerk	36,5	0,11	2 Ziegelmauerwerk	49,0	0,08	2 Ziegelmauerwerk	49,0
	3 Putz	2,0	0,31	3 Wärmedämmputz	3,0	0,07	3 Wärmedämmputz	3,0
	Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,28	Bauteil U-Wert in W/m ² K		0,15	Bauteil U-Wert in W/m ² K	
								

Tabelle 3.3-1 Beispielkonstruktionen für die Außenwand

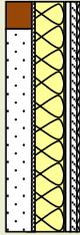
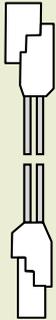
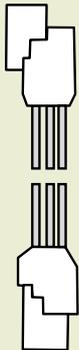
	Referenzgebäude		Deutlich erhöhter Wärmeschutz	
	Beschreibung	U-Wert [W/m²K]	Beschreibung	U-Wert [W/m²K]
Kellerdecke / Bodenplatte	Kellerdecke Bodenplatte Beispiel : Kellerdecke, zus. gedämmt EPS-Dämmung : 3 + 5 cm WLG 035 Bauteil U-Wert : 0,35 W/m²K	0,35 0,35	Kellerdecke Bodenplatte	0,10...0,17 0,10...0,14
				
Dach / oberste Geschossdecke	Sparrendach geneigt Flachdach Oberste Geschossdecke Beispiel : Sparrendach geneigt Zwischensparrendämmung 24 cm WLG 040	0,20 0,20 0,20	Dach Oberste Geschossdecke	0,10...0,14 0,10...0,14
				
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung Beispiel : Rahmen U-Wert : 1,2 W/m²K Glas U-Wert : 1,2 W/m²K Bauteil U-Wert : 1,3 W/m²K		3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung Glas U-Wert Rahmen U-Wert Beispiel : Rahmen U-Wert : 0,8 W/m²K Glas U-Wert : 0,6 W/m²K Bauteil U-Wert : 0,8 W/m²K	0,70 / 0,80 / 0,90 0,50...0,80 0,80...1,20
				

Tabelle 3.3-2 Beispielkonstruktionen für Kellerdecke/Bodenplatte, Dach/oberste Geschossdecke und Fenster

4 Energetischer Vergleich anhand von Modellgebäuden

4.1 Allgemeine Randbedingungen

Es werden Modellrechnungen für 2 Modellgebäude unter Variation der Anlagentechnik und des notwendigen baulichen Wärmeschutzes so durchgeführt, dass die Anforderungswerte der EnEV 2009 und des EEWärmeG im jeweiligen Fall gerade eingehalten werden.

EnEV 2009

- Einhaltung des Primärenergiebedarfs
- Einhaltung des spezifischen Transmissionswärmeverlusts

EEWärmeG

- Anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs bzw.
- Einhaltung von Ersatzmaßnahmen bzw.
- Kombinationen von beiden

Allgemeingültigkeit

Die vorliegenden Berechnungen wurden unter Verwendung von Standardwerten nach DIN V 4701-10 bzw. mit Kenndaten entsprechend Vorgabe des EEWärmeG (Wirkungsgrad Pelletkessel, Mindest-JAZ Luft-WP) durchgeführt. Im konkreten Fall können produktspezifische Kenndaten verwendet werden. Die tatsächlich ausgeführte Anlage muss aber mindestens den bei der energetischen Berechnung verwendeten Kenndaten entsprechen.

Energiebedarf

Die Berechnungen zum Energiebedarf erfolgen mit einer kommerziellen Software. Gebäudeseitig wird das Monatsbilanzverfahren der DIN V 4108-6 angewendet, die Anlagentechnik wird entsprechend DIN V 4701-10 berechnet. Den Referenzsystemen liegen Standardwerte entsprechend EnEV 2009 zu Grunde, bei allen Systemvarianten erfolgt eine Anpassung an das jeweilige Musterhaus (z. B.: Anpassung der Kollektorneigung/-ausrichtung an das Dach). Alternativ wären die Berechnungen auch nach DIN V 18599 möglich, allerdings sind die Ergebnisse beider Berechnungsverfahren nicht identisch.

Primärenergiefaktoren

Die Berechnung des Primärenergiebedarfs erfolgt mit dem nicht erneuerbaren Primärenergiefaktor nach DIN V 4701-10, ergänzt und angepasst entsprechend den Vorgaben der EnEV 2009. Dabei ist zu beachten, dass für flüssige und gasförmige Biomasse nur dann der nicht erneuerbare Primärenergiefaktor von 0,5 verwendet werden kann, wenn die flüssige oder gasförmige Biomasse im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude erzeugt wird (kein kündbares Vertragsverhältnis). Das ist zum Beispiel in ländlichen Gebieten der Fall, wenn für eine oder mehrere zusammenhängende Baugebiete eine Biogas-Anlage betrieben wird.

Die Berechnungen werden für ein Einfamilienhaus sowie ein 12-Familienhaus durchgeführt.

Energieträger		Primärenergiefaktor nicht erneuerbarer Anteil
Brennstoffe	Heizöl EL / Erdgas	1,1
	Holz	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom	Strom-Mix	2,6
Biogene Brennstoffe	Biogas, Bioöl	0,5
Umweltenergie	Solarenergie, Umgebungswärme	0,0

Tabelle 4.1-1 Primärenergiefaktoren nach DIN V 4701-10, angepasst durch die Vorgaben der EnEV 2009

Einfamilienhaus	
Thermische Hülle	Keller innerhalb
A_N	214 m ²
V_e	669 m ³
A/V_e	0,69 m ⁻¹

Tabelle 4.1-2 Kenngrößen Einfamilienhaus

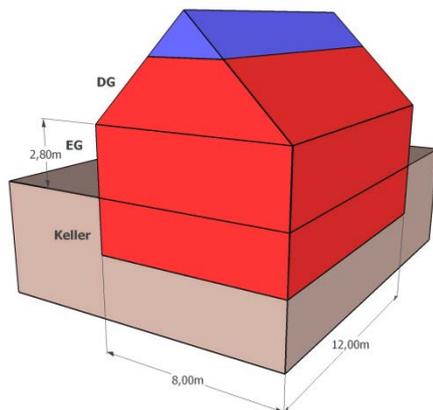


Abbildung 4.1-1 Einfamilienhaus, freistehend

12-Familienhaus	
Thermische Hülle	Keller außerhalb
A_N	1.339 m ²
V_e	4.183 m ³
A/V_e	0,46 m ⁻¹

Tabelle 4.1-3 Kenngrößen 12-Familienhaus

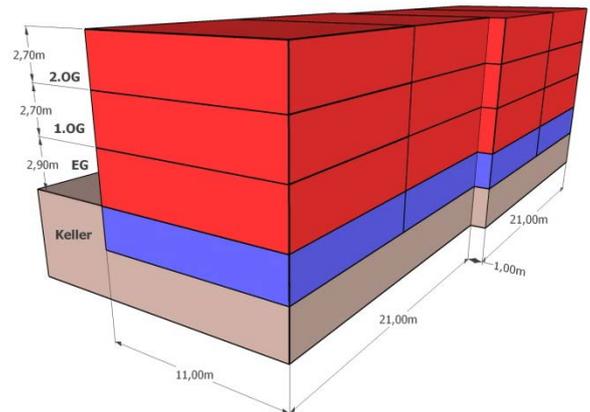


Abbildung 4.1-2 12-Familienhaus

Bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohneinheiten befindet sich für die Referenzanlage der Wärmeerzeuger außerhalb der thermischen Hülle, in der Regel im Keller, die horizontalen Verteilungen allerdings sind beim Referenzsystem generell innerhalb der thermischen Hülle angeordnet. In der Praxis ist dies üblicherweise nicht der Fall. Entweder ist der Keller innerhalb der thermischen Hülle (d.h. gedämmt und beheizt), dann ergeben sich für das konkrete Objekt geringere Anforderungen an den Wärmeschutz oder der Wärmeerzeuger und die horizontalen Verteilungen befinden sich außerhalb der thermischen Hülle, dann ergeben sich gegenüber dem Referenzsystem höhere energetische Anforderungen. Bei dem betrachteten 12-Familienhaus ist der Aufstellungsort des Wärmeerzeugers außerhalb der thermischen Hülle, d.h. es muss bei allen Systemvarianten (außer Anlage (4)) auf jeden Fall der energetische Nachteil der ebenfalls außerhalb der thermischen Hülle liegenden Verteilungen gegenüber dem Referenzsystem ausgeglichen werden.

4.2 Ergebnisse Einfamilienhaus

Die Ergebnisse für das Einfamilienhaus werden in nachfolgender Tabelle 4.2-1 und Tabelle 4.2-2 angegeben, Abbildung 4.2-1 und Abbildung 4.2-2 enthalten die graphische Darstellung.

Einfamilienhaus				Referenz 1a	1b	2a	2b
A _N =		213,9 m ²		Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage	Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage	Öl/Gas-BW + solare TWE + Fensterlüftung	Öl/Gas-BW + solare TWE + Fensterlüftung
Heizwärmebedarf		kWh/(m ² a)	q _h	48,6	48,6	51,3	51,3
Warmwasser-Bedarf		kWh/(m ² a)	q _{tw}	12,5	12,5	12,5	12,5
Endenergie	Heizung	kWh/a	Q _{H,E}	9.581	9.581	10.128	10.128
	TWE	kWh/a	Q _{TWE}	2.617	2.238	2.527	2.231
Endenergie		Summe	Q _E	12.198	11.819	12.655	12.359
Hilfsenergie		Summe	Q _{aux}	836	832	581	578
Stromerzeugung		kWh/a	-	-	-	-	-
Primärenergiefaktor	Wärme	-	f _P	1,1	1,1	1,1	1,1
	Hilfsenergie	-	f _P	2,6	2,6	2,6	2,6
Primärenergiebedarf	absolut	kWh/a	Q _P	15.591	15.164	15.431	15.098
	vorhanden	kWh/(m ² a)	q _P	72,9	70,9	72,1	70,6
	zulässig	kWh/(m ² a)	q _P	72,9	72,9	72,9	72,9
	EnEV-15 %	kWh/(m ² a)	q _P	62,0			
spez. Transmissionswärmeverlust	vorhanden	W/(m ² K)	H' _T	0,34	0,34	0,34	0,34
	zulässig	W/(m ² K)	H' _T	0,40	0,40	0,40	0,40
	EnEV-15 %	W/(m ² K)	H' _T	0,34			
Einhaltung EnEV 2009				EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt
Wärmeenergiebedarf	Heizung	kWh/a		9.938	9.938	10.509	10.509
	Lüftung*	kWh/a		-	-	-	-
	TWE	kWh/a		4.789	4.789	4.789	4.789
	Summe	kWh/a		14.727	14.727	15.298	15.298
Kollektorfläche		m ²		6,6	8,6	6,6	8,6
solare Deckungsrate Heizung		%					
solare Deckungsrate TWE		%		53,2 %	60,8 %	54,9 %	60,8 %
solare Deckung gesamt		kWh/a		2.549	2.910	2.628	2.910
Anteil Deckung		%		17,3 %	19,8 %	17,2 %	19,0 %
Erfüllung Nutzungspflicht		%		115,3 %	131,7 %	115,6 %	126,8 %
Einhaltung EEWärmeG				EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt
				Einhaltung Mindestdeckung von 15 % des Wärmeenergiebedarfes durch Solar / Zertifizierung "Solar Keymark"	Einhaltung Mindestkollektorfläche / Zertifizierung "Solar Keymark"	Einhaltung Mindestdeckung von 15 % des Wärmeenergiebedarfes durch Solar / Zertifizierung "Solar Keymark"	Einhaltung Mindestkollektorfläche / Zertifizierung "Solar Keymark"
Bemerkung				Berechnung der Referenz erfolgt mit Standardwerten nach DIN V 4701-10 (Kollektorfläche / Neigung / Ausrichtung), Varianten angepasst an konkretes Objekt	kein Unterschied bei Mindestkollektorfläche zwischen Flach- und Röhrenkollektoren, Wärmeschutz könnte gegenüber Referenz etwas verschlechtert werden	Einhaltung der EnEV-Anforderung an q _P bei Referenzwärmeschutz	mit Referenzgebäude und Mindestkollektorfläche nach EEWärmeG wird EnEV 2009 ohne Abluftanlage eingehalten, Wärmeschutz könnte etwas verschlechtert werden

*) Wärmeenergiebedarf Lüftung = Anteil der Lüftungsanlage zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes q_{h,L}

Tabelle 4.2-1 Ergebnisse Einfamilienhaus – System 1 bis 2b

Einfamilienhaus				3	4	5	6
$A_N =$		213,9 m ²		Öl/Gas-BW + solare TWE / Heizungsunter.	Öl/Gas-BW	Öl/Gas-BW + Zu-/ Abluft- anlage mit WRG	Pellets
Heizwärmebedarf	kWh/(m ² a)	q _h		59,4	33,7	46,9	59,4
Warmwasser-Bedarf	kWh/(m ² a)	q _{tw}		12,5	12,5	12,5	12,5
Endenergie	Heizung	kWh/a	Q _{H,E}	10.578	6.742	5.377	15.516
	TWE	kWh/a	Q _{TW,E}	1.720	4.489	5.566	6.413
Endenergie	Summe	kWh/a	Q _E	12.298	11.231	10.943	21.929
Hilfsenergie	Summe	kWh/a	Q _{aux}	578	344	943	878
Stromerzeugung	kWh/a	-		-	-	-	-
Primärenergie- faktor	Wärme	-	f _P	1,1	1,1	1,1	0,2
	Hilfsenergie	-	f _P	2,6	2,6	2,6	2,6
Primärenergie- bedarf	absolut	kWh/a	Q _P	15.031	13.249	14.489	6.669
	vorhanden	kWh/(m ² a)	q _P	70,3	61,9	67,7	31,2
	zulässig	kWh/(m ² a)	q _P	72,9	72,9	72,9	72,9
	EnEV-15 %	kWh/(m ² a)	q _P		62,0	62,0	
spez. Transmissions- wärmeverlust	vorhanden	W/(m ² K)	H' _T	0,40	0,23	0,31	0,40
	zulässig	W/(m ² K)	H' _T	0,40	0,40	0,40	0,40
	EnEV-15 %	W/(m ² K)	H' _T		0,34	0,34	
Einhaltung EnEV 2009				EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt
Wärmeenergie- bedarf	Heizung	kWh/a		12.203		5.557	12.141
	Lüftung*	kWh/a		-		3.996	-
	TWE	kWh/a		4.804		5.018	5.018
	Summe	kWh/a		17.007		14.571	17.159
Kollektorfläche	m ²		12,0				
solare Deckungsrate Heizung	%		10 %				
solare Deckungsrate TWE	%		70,7 %				
solare Deckung gesamt	kWh/a		4.616			Deckung WRG:	
Anteil Deckung	%		27,1 %			27,4 %	100 %
Erfüllung Nutzungspflicht	%		181,0 %	100,9 %	102,6 %		
Einhaltung EEWärmeG				EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt
				Einhaltung Mindestkollektor- fläche bzw. Einhaltung Mindestdeckung von 15 % durch Solar / Zertifizierung "Solar Keymark"	Ersatzmaßnahme EnEV 2009 -15 %	Kombination: Nutzung von Abwärme in Lüftungsanlage mit WRG und bauliche Maßnahmen	min. 50 %ige Deckung des Wärmeenergie- bedarfes durch Pellets / Kessel- Wirkungsgrad bei Leistung bis 50kW ≥ 86 %
Bemerkung				10 % Deckungs- anteil für solare Heizungs- unterstützung Bedingung DIN V 4701-10: 1,8-fache Fläche wie für solare TWE	zusätzlich anlagenseitige Optimierung notwendig: BW-Optimierung durch niedrige System- temperaturen, ohne Zirkulation	Kombination notwendig, da Lftg. mit WRG den Bedarf an Wärmeenergie nicht zu 50 % deckt	

*) Wärmeenergiebedarf Lüftung = Anteil der Lüftungsanlage zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes q_{h,L}

Tabelle 4.2-2 Ergebnisse Einfamilienhaus System 3 bis 13

7	8	9	10	11	12	13
Luft-Wasser-Wärmepumpe	Sole-Wasser-Wärmepumpe	Luft-Wasser-WP + Lüftung mit WRG	Sole-Wasser-WP + dezentrale TWE	Fern-/ Nahwärme (KWK fossil)	Fern-/ Nahwärme (HW fossil) + solare TWE	Mikro- bzw. Mini-KWK
59,4	59,4	60,5	59,4	59,4	41,6	57,0
12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
3.566	2.725	2.422	2.974	11.955	8.572	11.630
1.510	1.367	1.510	2.987	5.721	2.464	5.018
5.076	4.092	3.932	5.961	17.676	11.036	16.648
679	980	1.042	773	685	476	479
-	-	-	-	-	-	5.946
2,6	2,6	2,6	2,6	0,7	1,3	0,82/1,1
2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
14.963	13.187	12.932	17.508	14.154	15.584	15.563
70,0	61,7	60,5	81,9	66,2	72,9	72,8
72,9	72,9	72,9	86,8	72,9	72,9	72,9
0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,28	0,38
0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt
		8.047	12.930		8.485	
		4.203	-		-	
		5.018	2.988		4.789	
		17.268	15.918		13.275	
					6,6	
					54,9%	
					2.628	
95%	100%	100%	81%	100%	19,8%	85%
			162,5%		132,0%	
EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt
mono-energetischer Betrieb, WP-JAZ mit TWE min. 3,3 Wärmemengen- u. Stromzähler	monovalente Betriebsweise: WP-JAZ mit TWE min. 3,8 Wärmemengen- u. Stromzähler	mono-energetischer Betrieb der WP, zusätzlich Lüftung mit WRG WP-JAZ mit TWE min. 3,3 Wärmemengen- u. Stromzähler	WP- JAZ ohne TWE min. 4,0 Wärmemengen- u. Stromzähler	Ersatzmaßnahme Wärme zu 50 % aus KWK-Anlagen (fossil), gleiches gilt bei KWK/HW (regenerativ), Primärenergiebedarf verringert sich weiter	Einhaltung Mindestdeckung von 15 % des Wärmeenergiebedarfes durch Solar / Zertifizierung "Solar Keymark"	Ersatzmaßnahme Deckung des Wärmeenergiebedarfes zu mindestens 50 % aus hocheffizienter KWK-Anlage
Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	EnEV-Anforderungswert für q_p bei wohnungsweiser elektrischer TWE, Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	Abfrage der Art der Erzeugung der Fern-/ Nahwärme und des Primärenergiefaktors beim Versorger	Abfrage der Art der Erzeugung der Fern-/ Nahwärme und des Primärenergiefaktors beim Versorger	Ermittlung des anrechenbaren Primärenergiefaktors aus thermischen Nutzungsgrad unter Berücksichtigung der Stromgutschrift

Einfamilienhaus

Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust

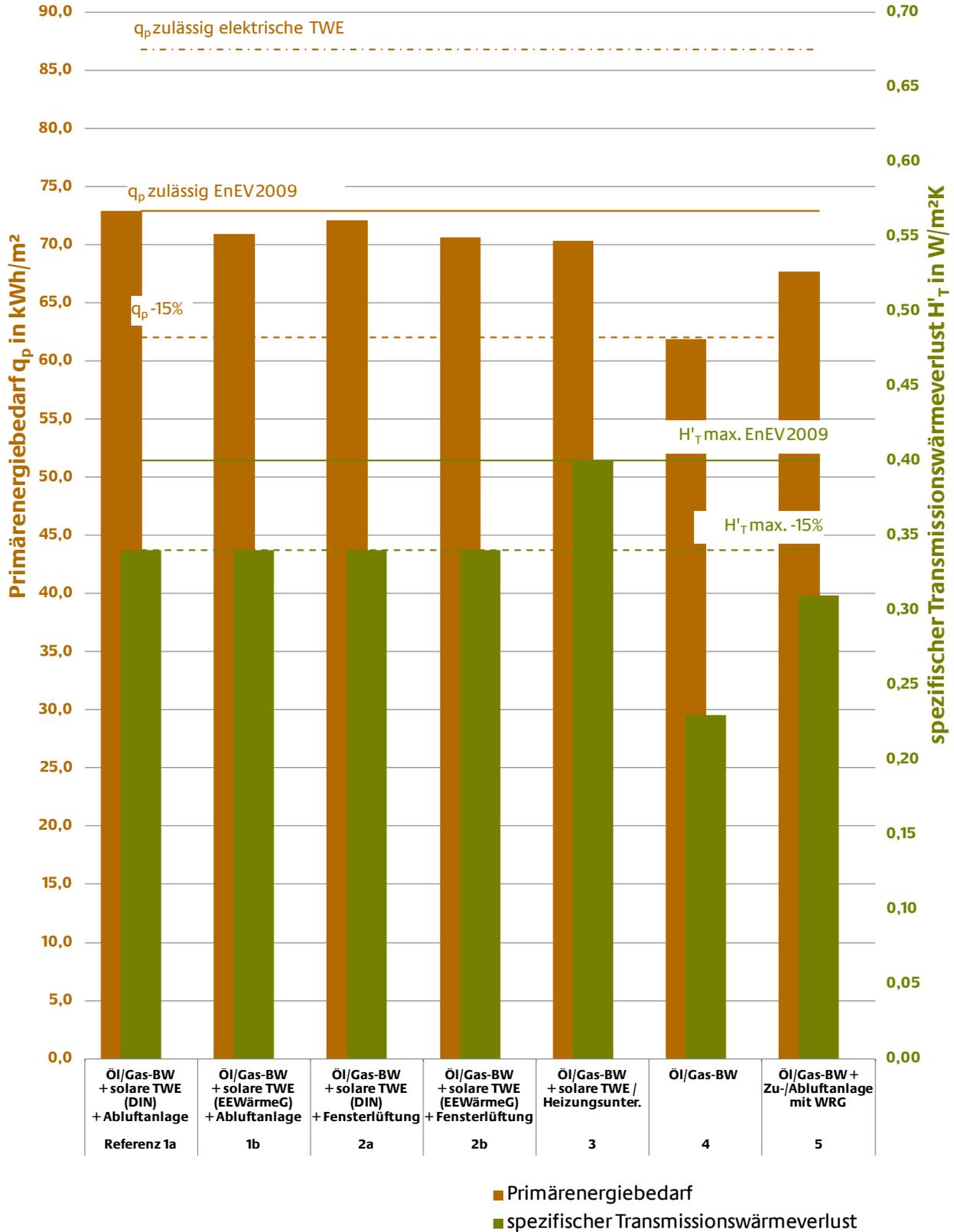


Abbildung 4.2-1 Einfamilienhaus System 1 bis 5

Einfamilienhaus

Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust

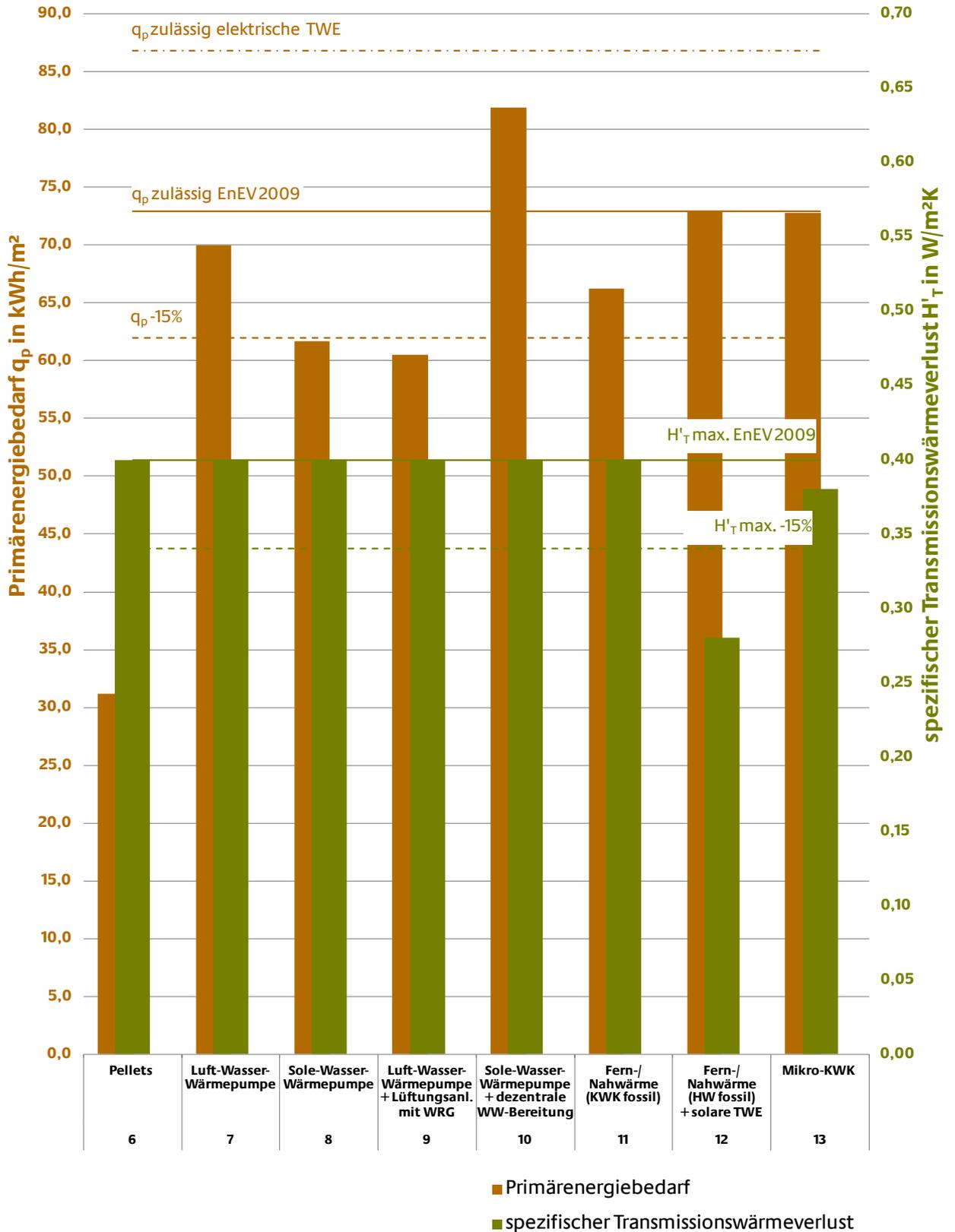


Abbildung 4.2-2 Einfamilienhaus System 6 bis 13

4.3 Ergebnisse 12-Familienhaus

Die Ergebnisse für das 12-Familienhaus werden in nachfolgender Tabelle 4.3-1 und Tabelle 4.3-2 angegeben, Abbildung 4.3-1 und Abbildung 4.3-2 enthalten die graphische Darstellung.

12-Familienhaus				Referenz 1a	1b	2a	2b
$A_N =$		1338,6 m ²	m ²	Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage	Öl/Gas-BW + solare TWE + Abluftanlage	Öl/Gas-BW + solare TWE + Fensterlüftung	Öl/Gas-BW + solare TWE + Fensterlüftung
Heizwärmebedarf		kWh/(m ² a)	q _h	40,9	40,4	41,7	43,2
Warmwasser-Bedarf		kWh/(m ² a)	q _{tw}	12,5	12,5	12,5	12,5
Endenergie	Heizung	kWh/a	Q _{H,E}	52.842	54.366	56.093	57.972
	TWE	kWh/a	Q _{TWE}	14.472	12.769	14.768	12.756
Endenergie		Summe	Q _E	67.314	67.135	70.861	70.728
Hilfsenergie		Summe	Q _{aux}	2.862	2.854	1.346	1.348
Stromerzeugung		kWh/a	-	-	-	-	-
Primärenergie- faktor	Wärme	-	f _P	1,1	1,1	1,1	1,1
	Hilfsenergie	-	f _P	2,6	2,6	2,6	2,6
Primärenergie- bedarf	absolut	kWh/a	Q _P	81.487	81.269	81.447	81.306
	vorhanden	kWh/(m ² a)	q _P	60,9	60,7	60,8	60,7
	zulässig	kWh/(m ² a)	q _P	60,9	60,9	60,9	60,9
	EnEV-15 %	kWh/(m ² a)	q _P	51,8			
spez. Transmissions- wärmeverlust	vorhanden	W/(m ² K)	H' _T	0,41	0,41	0,39	0,41
	zulässig	W/(m ² K)	H' _T	0,50	0,50	0,50	0,50
	EnEV-15 %	W/(m ² K)	H' _T	0,43			
Einhaltung EnEV 2009				EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt
Wärmeenergie- bedarf	Heizung	kWh/a		54.307	55.887	57.680	59.648
	Lüftung*	kWh/a		-	-	-	-
	TWE	kWh/a		25.795	26.357	26.357	26.357
	Summe	kWh/a		80.102	82.244	84.037	86.005
Kollektorfläche		m ²		28,5	40,2	28,5	40,2
solange Deckungsrate Heizung		%		-	-	-	-
solange Deckungsrate TWE		%		48,9 %	56,2 %	48,9 %	56,2 %
solare Deckung gesamt		kWh/a		12.609	14.805	12.881	14.805
Anteil Deckung		%		15,7 %	18,0 %	15,3 %	17,2 %
Erfüllung Nutzungspflicht		%		104,7 %	120,0 %	102,3 %	114,8 %
Einhaltung EEWärmeG				EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt
				Einhaltung Mindestdeckung von 15 % des Wärmeenergie- bedarfes durch Solar / Zertifizierung "Solar Keymark"	Einhaltung Mindestkollektor- fläche / Zertifizierung "Solar Keymark"	Einhaltung Mindestdeckung von 15 % des Wärmeenergie- bedarfes durch Solar / Zertifizierung "Solar Keymark"	Einhaltung Mindestkollektor- fläche / Zertifizierung "Solar Keymark"
Bemerkung				Berechnung der Referenz erfolgt mit Standard- werten nach DIN V 4701-10, Verteilungen innerhalb der thermischen Hülle, Varianten angepasst an konkretes Objekt	Verteilungen außerhalb der thermischen Hülle, dadurch geringfügig verbessertes bauliches Wärmeschutz	Verteilungen außerhalb der thermischen Hülle, dadurch etwas verbessertes bauliches Wärmeschutz	Verteilungen außerhalb der thermischen Hülle, Einhaltung der EnEV- Anforderung an q _P bei Referenz- wärmeschutz

*) Wärmeenergiebedarf Lüftung = Anteil der Lüftungsanlage zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes q_{h,L}

Tabelle 4.3-1 Ergebnisse 12-Familienhaus System 1 bis 2b

12-Familienhaus				3	4	5	6
$A_N =$		1338,6	m ²	Öl/Gas-BW + solare TWE / Heizungsunter.	Öl/Gas-BW	Öl/Gas-BW + Lüftungsanlage mit WRG	Pellets
Heizwärmebedarf		kWh/(m ² a)	q _h	48,6	25,6	40,6	50,9
Warmwasser-Bedarf		kWh/(m ² a)	q _{tw}	12,5	12,5	12,5	12,5
Endenergie	Heizung	kWh/a	Q _{H,E}	58.935	32.280	31.493	89.352
	TWE	kWh/a	Q _{TW,E}	11.485	28.058	28.229	33.679
Endenergie		Summe	Q _E	70.420	60.338	59.722	123.031
Hilfsenergie		Summe	Q _{aux}	1.456	1.101	4.047	3.171
Stromerzeugung		kWh/a	-	-	-	-	-
Primärenergiefaktor	Wärme	-	f _P	1,1	1,1	1,1	0,2
	Hilfsenergie	-	f _P	2,6	2,6	2,6	2,6
Primärenergiebedarf	absolut	kWh/a	Q _P	81.248	69.234	76.216	32.851
	vorhanden	kWh/(m ² a)	q _P	60,7	51,7	56,9	24,5
	zulässig	kWh/(m ² a)	q _P	60,9	60,9	60,9	60,9
	EnEV-15 %	kWh/(m ² a)	q _P		51,8	51,8	
spez. Transmissionswärmeverlust	vorhanden	W/(m ² K)	H' _T	0,46	0,23	0,38	0,50
	zulässig	W/(m ² K)	H' _T	0,50	0,50	0,50	0,50
	EnEV-15 %	W/(m ² K)	H' _T		0,43	0,43	
Einhaltung EnEV 2009				EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt
Wärmeenergiebedarf	Heizung	kWh/a		67.399		32.086	
	Lüftung*	kWh/a		-		24.041	
	TWE	kWh/a		26.357		26.357	
	Summe	kWh/a		93.756		82.485	
Kollektorfläche		m ²		51,3			
solange Deckungsrate Heizung		%		10,0 %			
solange Deckungsrate TWE		%		60,7 %			
solare Deckung gesamt		kWh/a		22.739		Deckung WRG:	
Anteil Deckung		%		24,3 %		29,1%	100 %
Erfüllung Nutzungspflicht		%		161,7 %	100,7 %	102,1 %	
Einhaltung EEWärmeG				EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt
				Einhaltung Mindestkollektorfläche bzw. Einhaltung Mindestdeckung von 15 % durch Solar/ Zertifizierung "Solar Keymark"	Ersatzmaßnahme EnEV 2009 -15 %	Kombination: Nutzung von Abwärme in Lüftungsanlage mit WRG und bauliche Maßnahmen	min. 50 %ige Deckung des Bedarfs an Wärmeenergie durch Pellets
Bemerkung				Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle, 10 % Deckungsanteil für solare Heizungsunter- stützung Bedingung DIN V 4701-10: 1,8-fache Fläche wie für solare TWE	deutliche Verbesserung baulicher Wärmeschutz + anlagenseitige Optimierung: BW-Optimierung, Wärmeerzeuger, Speicher und Verteilleitungen innerhalb thermischer Hülle	Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle, Kombination notwendig, da Lftg. mit WRG den Bedarf an Wärmeenergie nicht zu 50 % deckt	Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle

*) Wärmeenergiebedarf Lüftung = Anteil der Lüftungsanlage zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes q_{h,L}

Tabelle 4.3-2 Ergebnisse 12-Familienhaus System 3 bis 13

7	8	9	10	11	12	13
Luft-Wasser-Wärmepumpe	Sole-Wasser-Wärmepumpe	Luft-Wasser-WP + Lüftungsanlage mit WRG	Sole-Wasser-Wärmepumpe + dezentrale TWE	Fern-/ Nahwärme (KWK fossil)	Fern-/ Nahwärme (HW fossil) + solare TWE	Mikro- bzw. Mini-KWK + Gas-BW-Kessel
50,9	50,9	51,7	50,9	50,9	31,52	47,63
12,5	12,5	12,5	12,50	12,50	12,50	12,50
19.650	15.742	12.794	16.092	70.621	44.495	52.859
7.567	7.181	7.567	19.254	30.046	15.362	21.086
27.217	22.923	20.361	35.346	100.667	59.857	73.944
1.408	2.974	4.832	2.363	1.390	1.211	1.033
-	-	-	-	-	-	26.165
2,6	2,6	2,6	2,6	0,7	1,3	0,77/1,1
2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
74.425	67.332	65.502	98.043	74.081	80.963	80.912
55,6	50,3	48,9	73,2	55,3	60,5	60,4
60,9	60,9	60,9	75,8	60,9	60,9	60,9
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,46
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt	EnEV erfüllt
			69.969		44.053	
			-		-	
			19.262		26.357	
			89.231		70.410	
					28,5	
					48,9 %	
					12.881	
95 %	100 %	95 %	78 %	100 %	18,3 %	80 %
			156,8 %		122,6 %	
EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt	EEWärmeG erfüllt
mono-energetischer Betrieb, WP-JAZ mit TWE min. 3,3 Wärmemengen- u. Stromzähler	monovalente Betriebsweise: WP-JAZ mit TWE min. 3,8 Wärmemengen- u. Stromzähler	mono-energetischer Betrieb der WP, zusätzlich Lüftung mit WRG WP-JAZ mit TWE min. 3,3 Wärmemengen- u. Stromzähler	WP- JAZ ohne TWE min. 4,0 Wärmemengen- u. Stromzähler	Ersatzmaßnahme Wärme zu 50 % aus KWK-Anlagen (fossil), gleiches gilt bei KWK/HW (regenerativ), Primärenergiebedarf verringert sich weiter	Einhaltung Mindestdeckung von 15 % des Wärmeenergiebedarfes durch Solar / Zertifizierung "Solar Keymark"	Ersatzmaßnahme Deckung des Wärmeenergiebedarfes zu mindestens 50 % aus hoch-effizienter KWK-Anlage
Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle, Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle, Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	EnEV- Anforderungswert für q_p bei wohnungsweiser elektrischer TWE, Nachweis der JAZ durch Hersteller bzw. Anlagenerrichter	Abfrage der Art der Erzeugung der Fern-/ Nahwärme und des Primärenergiefaktors beim Versorger	Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle, Abfrage der Art der Erzeugung der Fern-/Nahwärme und des Primärenergiefaktors beim Versorger	Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle, Ermittlung des anrechenbaren Primärenergiefaktors aus thermischen Nutzungsgrad, Berücksichtigung Stromgutschrift

12-Familienhaus

Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust

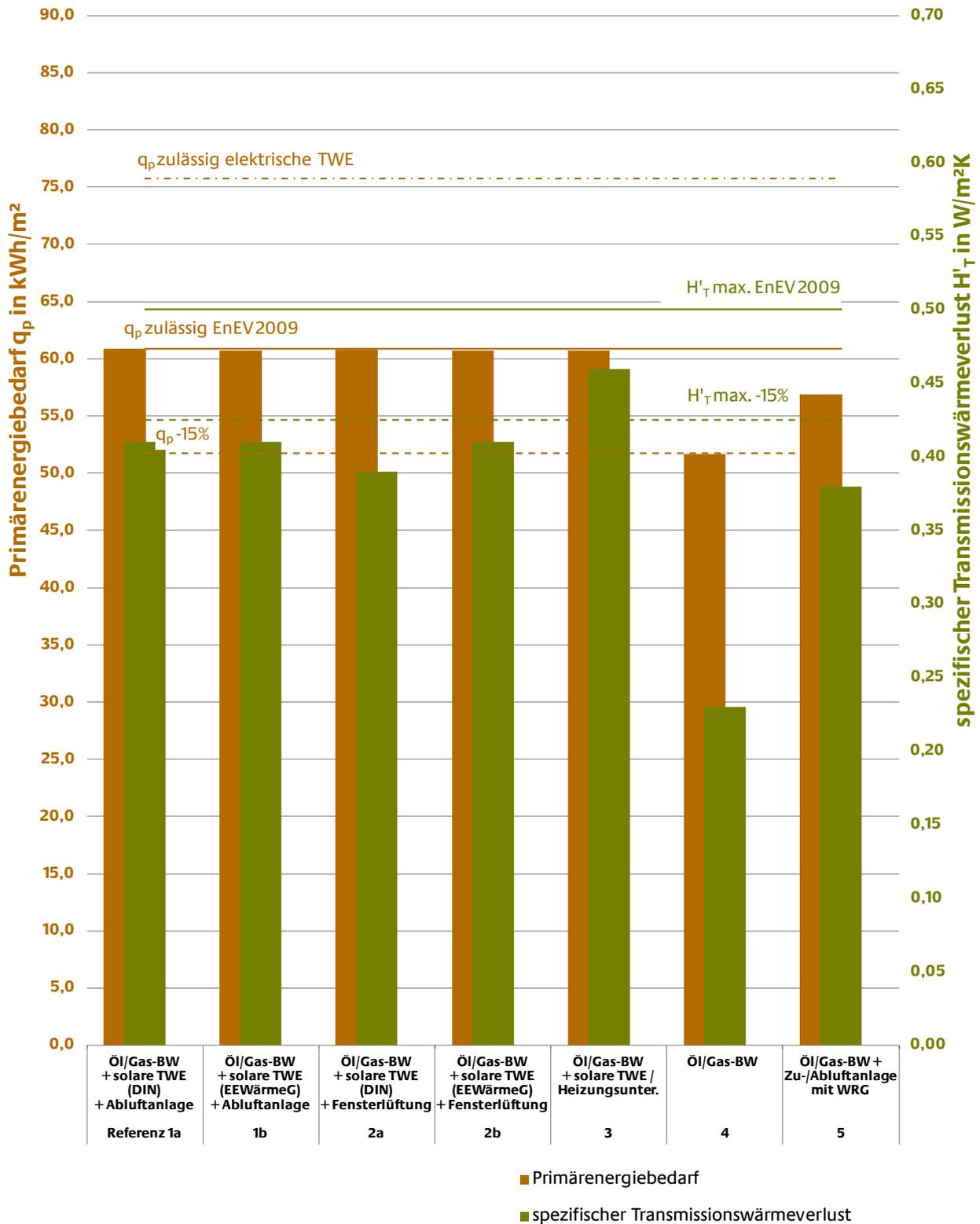


Abbildung 4.3-112-Familienhaus System 1 bis 5

12-Familienhaus

Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust

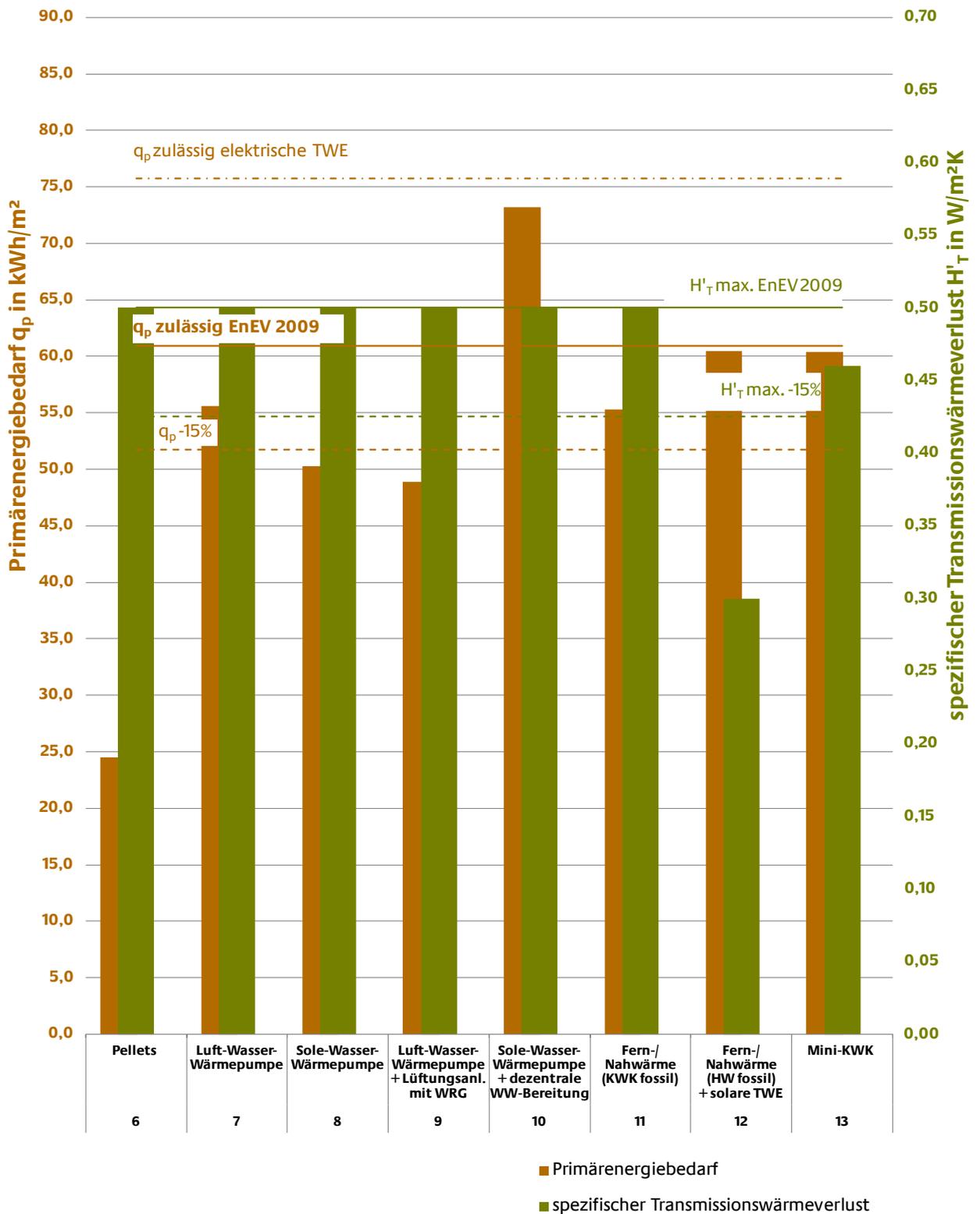


Abbildung 4.3-2 12-Familienhaus System 6 bis 13

Anhang

Anhang 1 Ausführung der Systeme

Nachfolgende Tabelle 0-1 und Tabelle 0-2 enthalten die Beschreibung der Systemvarianten.

Nr.	Variante	Wärmeerzeugung		Heizung		Übergabe
		WE 1	WE 2	Speicher	Verteilung VL/RL Dämmung	
1a/b	Öl/Gas- Brennwert + solare TWE + Abluftanlage	Brennwert -Kessel	-	-	55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
2a/b	Öl/Gas- Brennwert + solare TWE + Fensterlüftung	Brennwert -Kessel	-	-	55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
3	Öl/Gas- Brennwert + solare TWE / Heizungsunterstützung	Brennwert -Kessel	10 % Solar	Pufferspeicher	55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
4	Öl/Gas-Brennwert	Brennwert -Kessel	-	-	45/35 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
5	Öl/Gas- Brennwert + Zu-Abluftanlage mit WRG	Brennwert -Kessel	-	-	55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
6	Pellets	Pellet-kessel	-	Pufferspeicher (EFH)	55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
7	Luft-Wasser- Wärmepumpe	Luft-Wasser- Wärmepumpe	5 % Strom	Pufferspeicher	35/28 °C Dämmung nach EnEV	FBH 0,5K
8	Sole-Wasser- Wärmepumpe	Sole-Wasser- Wärmepumpe	-	Pufferspeicher	35/28 °C Dämmung nach EnEV	FBH 0,5K
9	Luft-Wasser- Wärmepumpe	Luft-Wasser- Wärmepumpe	5 % Strom	Pufferspeicher	35/28 °C Dämmung nach EnEV	FBH 0,5K
10	Sole-Wasser- Wärmepumpe	Sole-Wasser- Wärmepumpe	-	Pufferspeicher	35/28 °C Dämmung nach EnEV	FBH 0,5K
11	Fern-/Nahwärme (KWK/HW regenerativ)	KWK fossil / Heizwerk regenerativ	-	-	55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
12	Fern-/Nahwärme (HW fossil) + solare TWE	Heizwerk fossil	-	-	55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K
13	Mikro- bzw. Mini-KWK	Mikro- bzw. Mini-KWK	ggf. BW-Zusatz- brenner bzw. Brennwert-Gerät		55/45 °C Dämmung nach EnEV	HK TRV 1K

Tabelle 0-1 Ausführung der Heizungsanlage

Nr.	Variante	Lüftung	Warmwasserbereitung			Verteilung Zirkulation / Dämmung
			WW-Erzeugung		WW-Speicher	
			WE 1	WE 2		
1a/b	Öl/Gas-Brennwert + solare TWE + Abluftanlage	Abluftanlage	Flachkollektor	Brennwert-Kessel	bivalenter Solarspeicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
2a/ b	Öl/Gas-Brennwert + solare TWE + Fensterlüftung	-	Flachkollektor	Brennwert -Kessel	bivalenter Solarspeicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
3	Öl/Gas-Brennwert + solare TWE / Heizungsunterstützung	-	Flachkollektor	Brennwert -Kessel	bivalenter Solarspeicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
4	Öl/Gas-Brennwert	-	BW-Kessel	-	indirekter Speicher	EFH ohne / MFH mit Zirkulation / Dämmung
5	Öl/Gas-Brennwert + Zu-Abluftanlage mit WRG	Zu-/Abluftanlage mit 80%WRG	BW-Kessel	-	indirekter Speicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
6	Pellets	-	Pelletkessel	-	indirekter Speicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
7	Luft-Wasser- Wärmepumpe	-	Luft-Wasser- Wärmepumpe	5 % Strom	indirekter Speicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
8	Sole-Wasser- Wärmepumpe	-	Sole-Wasser- Wärmepumpe	-	indirekter Speicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
9	Luft-Wasser- Wärmepumpe	Zu-/Abluftanlage mit 80%WRG	Luft-Wasser- Wärmepumpe	5 % Strom	indirekter Speicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
10	Sole-Wasser- Wärmepumpe	-	dezentral elektrisch	-	-	dezentral
11	Fern-/Nahwärme (KWK/HW regenerativ)	-	KWK fossil / Heizwerk regenerativ	-	indirekter Speicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
12	Fern-/Nahwärme (HW fossil) + solare TWE	-	Flachkollektor	Heizwerk fossil	bivalenter Solarspeicher	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV
13	Mikro- bzw. Mini-KWK	-	Mikro- bzw. Mini- KWK	ggf. Zusatzbrenner bzw. BW-Gerät	-	mit Zirkulation / Dämmung nach EnEV

Tabelle 0-2 Ausführung der Lüftungsanlage und der Trinkwasserbereitung

Anhang 2 Abkürzungsverzeichnis

BW	Brennwert
1. BImSchV	1. Bundes-Immissionsschutzverordnung
A_N	Nutzfläche
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
12-FH	12-Familienhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
EPS Dämmung	Polystyrolpartikelschaum
H'_T	spezifischer Transmissionswärmeverlust
HK	Heizkörper
HW	Heizwerk
JAZ	Jahresarbeitszahl
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Mikro-KWK	"Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen für den Ein- und 2- Familienhausbereich mit ca. 1 kW elektrischer Leistung"
Mini-KWK	"Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Bereich 0-50 kW elektrischer Leistung"
PUR/PIR Dämmung	Polyurethan-Hartschaum
TRV	Thermostatregelventil
TWE	Trinkwassererwärmung
WE	Wohneinheit
WLG	Wärmeleitgruppe
WP	Wärmepumpe
WRG	Wärmerückgewinnung
zul.	zulässig
Δp	Druckverlust
λ	Wärmeleitfähigkeit

Anhang 3 Literaturverzeichnis

- [1] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29.04.2009 – EnEV 2009
- [2] Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 15. Juli 2009 (BGBl. I S. 1804)
- [3] DIN V 18599: 2007-02 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 01-10
- [4] DIN V 4108-6 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- [5] DIN V 4701-10 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
- [6] Fachkommission "Bautechnik" der Bauministerkonferenz: Auslegung zur Energieeinsparverordnung - Teil 12
- [7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, www.bmu.de/40704
- [8] DIN EN 303-5 : 1999 Heizkessel Teil 5: Heizkessel für feste Brennstoffe, hand- und automatisch beschickte Feuerungen, Nenn-Wärmeleistung bis 300 kW Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Kennzeichnung
- [9] VDI 4650: Berechnung von Wärmepumpen Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresaufwandszahlen von Wärmepumpenanlagen , Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung
- [10] AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. : Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme -, Arbeitsblatt FW 309 Teil 1, Mai 2010

Berechnungssoftware

- ▶ Hottgenroth Energieberater Plus 7.0.3

Anhang 4 Bildnachweis

Titelbild	Viessmann Werke GmbH & Co KG.
Seite 7	Viessmann Werke GmbH & Co KG.
Seite 16	Viessmann Werke GmbH & Co KG.
Seite 17	Viessmann Werke GmbH & Co KG.
Seite 19	Bosch Thermotechnik GmbH
Seite 20	Bosch Thermotechnik GmbH
Seite 22	C.A.R.M.E.N. e.V. (http://www.carmen-ev.de)
Seite 25	Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.
Seite 27	C.A.R.M.E.N. e.V. (http://www.carmen-ev.de)

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr, Bau und
Stadtentwicklung
Invalidenstr. 44
10115 Berlin

Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit
Alexanderstraße 3
10178 Berlin

Bezugsquelle

Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung
Referat Bürgerservice und Besucherdienst
11030 Berlin
E-Mail: buengerinfo@bmvbs.bund.de
<http://www.bmvbs.bund.de>
Telefon: +49 30 18300 – 3060
Fax: +49 30 18300 – 1942

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Sebastian Goitowski
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Stand

Dezember 2010

Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Dienstleistungszentrum Druck

Verfasser und Gestaltung

Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz
Dipl.-Ing. Bettina Mailach
ITG
Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Bayreuther Straße 29
01187 Dresden

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung; sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.