



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

"Maßnahmenpakete EnEV-Neubau"

Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung

Kurzbericht

Darmstadt, den 21.02.2007

Autor: Eberhard Hinz , Dr. Nikolaus Diefenbach
Wissenschaftliche Mitarbeiter
Institut Wohnen und Umwelt GMBH

1 Zielsetzung der Studie

Die KfW bereitet eine Breitenförderung für Niedrigenergiehäuser im Bestand vor. Die Fördervoraussetzungen werden nach EnEV definiert. Zur Erfüllung dieser Standards werden deutlich unterschiedliche bauliche und anlagentechnische Maßnahmen erforderlich.

Ziel der Studie ist es, beispielhaft bau- und anlagentechnische Maßnahmenpakete zu entwickeln, mit denen die Mindestvoraussetzungen für konventionell beheizte Gebäude nach EnEV erfüllt werden.

2 Berechnungsgrundlagen

- Die Energiebilanzberechnungen werden nach EnEV (Monatsverfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10) mit der Software EnEV-XL durchgeführt.
- Grundlage der Berechnungen sind Datensätze zu drei Gebäuden aus der Gebäudetypologie Deutschland: 2 Einfamilienhäuser (EFH-D, EFH-G), 1 Reihenendhaus (RH-F).
- Für jedes Gebäude wurden sieben verschiedene zentrale System zur Wärme- und Warmwassererzeugung berechnet: Variante 1: Brennwertkessel, Variante 2: Brennwertkessel + Solarthermie zur Unterstützung der Warmwassererzeugung, Variante 3: BHKW, Variante 4: monovalente gasmotorische Wärmepumpe, Variante 5: Pelletheizung, Variante 6: Sole/Wasser Wärmepumpe, Variante 7: Luft/Wasser Wärmepumpe

Alle Varianten wurden mit einer Aufstellung der Systeme im beheizten Bereich gerechnet.

- In Variante 2 wurde Solarthermie ausschließlich zur Unterstützung der Warmwasserversorgung eingesetzt.
- Variante 3 wurde mit einem Primärenergiefaktor $f_p = 0,7$ nach DIN V 4701-10 für KWK aus fossilen Brennstoffen gerechnet. Dieser Primärenergiefaktor berücksichtigt die Stromgutschrift für die im Kraftwerkspark eingesparte Endenergie zur Stromerzeugung. Alle anderen Varianten mit wurde mit einem Primärenergiefaktor $f_p = 1,1$ nach DIN V 4701-10 für Erdgas H gerechnet.
- In Variante 3 wurde der Bedarf an Erdgas für Heizung & Warmwasser auf Basis des Nutzenergiebedarfs nach EnEV mit einem thermischen Wirkungsgrad von 57 % für ein (Kleinst-) BHKW gerechnet. Eine Stromgutschrift für die im Kraftwerkspark eingesparte Endenergie zur Stromerzeugung wurde nicht berücksichtigt.
- Für Variante 4 wurde eine monovalente gasmotorische Luft/Wasser-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser angenommen. Die Jahresarbeitszahl wurde nach Herstellerangaben (BGW-Recherche) mit $\beta_{WP} = 1,2$ festgelegt.

3 Bau- und anlagentechnische Maßnahmen

- IST-Zustand

Die thermische Hülle wird vereinfachend durch die Bauteile Außenwand, Dach bzw. oberste Geschossdecke, EG-Fußboden und Fenster beschrieben. Es wird pauschal mit einem Wärmebrückenzuschlag von $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüllfläche}}\text{K})$ im unsanierten Zustand gerechnet. Die Gebäude werden frei belüftet. Die Beheizung und Warmwassererzeugung erfolgt über einen zentralen Konstanttemperaturkessel.

- Wärmebrücken:

Bei allen sanierten Varianten wird generell mit einem Wärmebrückenzuschlag von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gerechnet. Dazu müssen Details nach DIN 4108, Beiblatt 2 ausgeführt werden.

- Luftdichtigkeit

Lüftungsanlagen wurden in keiner Variante berechnet. Es sind somit keine besonderen Anforderungen an die Luftdichtigkeit zu erfüllen.

- Baulicher Wärmeschutz

Die Wärmeschutzmaßnahmen wurden so gewählt, dass sie die bauteilbezogenen Mindestanforderungen nach EnEv gerade erfüllen. Damit werden gleichzeitig auch die Mindestanforderungen an Q_p und H_T für Neubauten erfüllt. Wir empfehlen jedoch dringend, die in den Hausdatenblättern angegebenen deutlich höheren Dämmdicken zu realisieren. Die damit verbundenen Mehrkosten zahlen sich in der Regel schon bei heutigen Energiepreisen nach wenigen Jahren aus.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in den Hausdatenblättern zu den einzelnen Gebäuden anschaulich zusammengefasst.

	"Niedrigenergiehaus im Bestand" - Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung								
	beheiztes Bauwerksvolumen		380 m³		Ergebnisblatt - Maßnahmenpakete EnEV-Neubau Die Wärmeschutzmaßnahmen basieren auf den bauteilbezogenen Mindestanforderungen nach EnEV für Sanierungen im Bestand. Wir empfehlen jedoch dringend, die alternativ angegebenen bewährten Dämmdicken zu realisieren. Die damit verbundenen Mehrkosten zahlen sich bei heutigen Energiepreisen in wenigen Jahren aus. Für weitere Informationen siehe auch www.dena.de oder www.iwu.de				
	"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV		121,6 m²						
	Wohnfläche (nach II. BV)		101 m²						
	Verhältnis Oberfläche/Volumen (A/V)		0,904						
	Einfamilienhaus, Baualtersklasse		1949 - 1957						
	Zuordnung Gebäudetyp, Deutschland		EFHD						
IST									
	-	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	-
Heizung / Warmwasser	Konstanttemperaturkessel	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Pelletkessel	Sole/Wasser WP	Luft/Wasser WP	-
Thermische Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung	-	-		-	-	-	-	-	-
Lüftungsanlage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenster	Isolierverglasung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: UW = 1,70 W/(m²K), durchschnittliche 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung bewährt und empfohlen: UW = 1,40 W/(m²K), hochwertige 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung							
Außenwand	U = 0,93 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,35 W/(m²K), 8 bis 10 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,20 W/(m²K), 14 bis 20 cm Dämmung							
Steildach	U = 1,11 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,30 W/(m²K), 12 bis 14 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,20 W/(m²K); 18 bis 24 cm Dämmung							
Kellerdecke	U = 1,01 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,40 W/(m²K), 6 bis 8 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,35 W/(m²K), 8 bis 12 cm Dämmung							
Wärmebrückenzuschlag	0,10 W/(m²K)	0,05 W/(m²K), Berechnung gemäß E DIN EN ISO 10211-2 Wir empfehlen, den Nachweis nach DIN explizit einzufordern, um den rechnerischen Wärmebrückenzuschlag tatsächlich zu realisieren							
Luftdichtigkeit	-	keine besonderen Anforderungen							
zul. spezifischen Transmissionswärmeverluste H _T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau [W/(m²K)]	-	0,47							
tat. spezifischen Transmissionswärmeverluste H _T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau [W/(m²K)]	1,02	0,42							
Unterschreitung der zul. spezifischen Transmissionswärmeverluste H _T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	10%							
zul. Jahresprimärenergiebedarfs Q _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau [kWh/(m²a)]	-	131							
tat. Jahresprimärenergiebedarfs Q _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau [kWh/(m²a)]	363	128	113	85	104	40	94	114	-
Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs Q _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	2%	13%	35%	21%	69%	28%	13%	-
Bedarf Endenergie für Heizung & Warmwasser [kWh/(m²a)] <small>ohne Hilfsenergie Strom, ohne Stromgutschrift KWK bzw. Strom für die Wärmepumpe, bezogen auf die m² Wohnfläche, bezogen auf H₀</small>	305	131	109	225	103	172	34	44	-

- Die Untersuchung wurde vom Institut Wohnen und Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf dem Monatsverfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierenden Berechnungen wurde die Software EnEv-XL verwendet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle Planung.

- Alle Varianten wurden mit einer Aufstellung der Systeme im beheizten Bereich gerechnet.

- In Variante 2 wurde Solarthermie ausschließlich zur Unterstützung der Warmwassererzeugung eingesetzt

- Variante 3 wurde mit einem Primärenergiefaktor $\eta_P = 0,7$ nach DIN V 4701-10 für KWK aus foss. Brennstoffen, in den Varianten 6 und 7 mit $\eta_P = 3,0$ für Strom gerechnet. Alle anderen Varianten mit wurde mit einem Primärenergiefaktor $\eta_P = 1,1$ nach DIN V 4701-10 für Erdgas H gerechnet.

- In Variante 3 wurde der Bedarf an Erdgas für Heizung & Warmwasser auf Basis des Nutzenergiebedarfs nach EnEV mit einem thermischen Wirkungsgrad von 57 % für ein (Kleinst-) BHKW berechnet. Eine Stromgutschrift für die im Kraftwerkspark eingesparte Endenergie Erdgas zur Stromerzeugung wurde nicht berücksichtigt.

- Für Variante 4 wurde eine monovalente gasmotorische Luft/Wasser-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser angenommen. Die Jahresarbeitszahl wurde mit $\beta_{WP} = 1,2$ festgelegt.



"Niedrigenergiehaus im Bestand" - Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung								
beheiztes Bauwerksvolumen	647 m³	Ergebnisblatt - Maßnahmenpakete EnEV-Neubau Die Wärmeschutzmaßnahmen basieren auf den bauteilbezogenen Mindestanforderungen nach EnEV für Sanierungen im Bestand. Wir empfehlen jedoch dringend, die alternativ angegebenen bewährten Dämmdicken zu realisieren. Die damit verbundenen Mehrkosten zahlen sich bei heutigen Energiepreisen in wenigen Jahren aus. Für weitere Informationen siehe auch www.dena.de oder www.iwu.de						
"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV	207 m²							
Wohnfläche (nach II. BV)	196 m²							
Verhältnis Oberfläche/Volumen (A/V)	0,576							
Einfamilienhaus, Baualtersklasse	1979 - 1983							
Zuordnung Gebäudetyp. Deutschland	EFH-G							
IST								
-	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	-
Konstanttemperaturkessel	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Pelletkessel	Sole/Wasser WP	Luft/Wasser WP	-
-	-		-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isolierverglasung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: UW = 1,70 W/(m²K), durchschnittliche 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung bewährt und empfohlen: UW = 1,40 W/(m²K), hochwertige 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung							
U = 0,80 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,35 W/(m²K), 8 bis 10 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,20 W/(m²K), 14 bis 20 cm Dämmung							
U = 0,43 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,30 W/(m²K), 12 bis 14 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,20 W/(m²K), 18 bis 24 cm Dämmung							
U = 0,81 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,40 W/(m²K), 6 bis 8 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,35 W/(m²K), 8 bis 12 cm Dämmung							
0,10 W/(m²K)	0,05 W/(m²K), Berechnung gemäß E DIN EN ISO 10211-2 Wir empfehlen, den Nachweis nach DIN explizit einzufordern, um den rechnerischen Wärmebrückenzuschlag tatsächlich zu realisieren							
-	keine besonderen Anforderungen							
-	0,56							
0,89	0,45							
-	20%							
-	103							
215	102	85	65	79	31	73	88	-
-	1%	17%	37%	23%	70%	29%	15%	-
193	92	73	154	70	118	23	30	-

Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf dem Monatsverfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierenden Berechnungen wurde die Software EnEv-XL verwendet. Die Berechnungen im beheizten Bereich gerechnet.

Unterstützung der Warmwassererzeugung eingesetzt

0,7 nach DIN V 4701-10 für KWK aus foss. Brennstoffen, in den Varianten 6 und 7 mit $\eta_p = 3,0$ für Strom gerechnet. Alle anderen Varianten mit wurde mit einem Primärenergiefaktor $\eta_p = 1,1$ gerechnet.

Heizung und Warmwasser auf Basis des Nutzenergiebedarfs nach EnEV mit einem thermischen Wirkungsgrad von 57 % für ein (Kleinst-) BHKW berechnet. Eine Stromgutschrift für die im Stromerzeuger eingesetzte Wärme wurde nicht berücksichtigt.

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser angenommen. Die Jahresarbeitszahl wurde mit $\beta_{WP} = 1,2$ festgelegt.

	"Niedrigenergiehaus im Bestand" - Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung								
	beheiztes Bauwerksvolumen		335 m³		Ergebnisblatt - Maßnahmenpakete EnEV-Neubau Die Wärmeschutzmaßnahmen basieren auf den bauteilbezogenen Mindestanforderungen nach EnEV für Sanierungen im Bestand. Wir empfehlen jedoch dringend, die alternativ angegebenen bewährten Dämmdicken zu realisieren. Die damit verbundenen Mehrkosten zahlen sich bei heutigen Energiepreisen in wenigen Jahren aus. Für weitere Informationen siehe auch www.dena.de oder www.iwu.de				
	"Gebaudenutzfläche" A _N nach EnEV		107 m²						
	Wohnfläche (nach II. BV)		97 m²						
	Verhältnis Oberfläche/Volumen (A/V)		0,60						
	Reihenendhaus, Baualtersklasse		1969 - 1978						
	Zuordnung Gebäudetyp, Deutschland		RH-F						
	IST								
	-	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	-
	Heizung / Warmwasser	Konstanttemperaturkessel	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Pelletkessel	Sole/Wasser WP	Luft/Wasser WP
Thermische Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung	-	-		-	-	-	-	-	-
Lüftungsanlage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Isolierverglasung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: UW = 1,70 W/(m²K), durchschnittliche 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung bewährt und empfohlen: UW = 1,40 W/(m²K), hochwertige 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung							
Außenwand	U = 0,80 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,35 W/(m²K), 8 bis 10 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,20 W/(m²K), 14 bis 20 cm Dämmung							
oberste Geschoßdecke	U = 0,52 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,30 W/(m²K), 12 bis 14 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,20 W/(m²K), 14 bis 20 cm Dämmung							
Kellerdecke	U = 0,97 W/(m²K) keine Dämmung	bauteilbezogene Mindestanforderung EnEV: U = 0,40 W/(m²K), 6 bis 8 cm Dämmung bewährt und empfohlen: U = 0,35 W/(m²K), 8 bis 12 cm Dämmung							
Wärmebrückenzuschlag	0,10 W/(m²K)	0,05 W/(m²K), Berechnung gemäß E DIN EN ISO 10211-2 Wir empfehlen, den Nachweis nach DIN explizit einzufordern, um den rechnerischen Wärmebrückenzuschlag tatsächlich zu realisieren							
Luftdichtigkeit	-	keine besonderen Anforderungen							
zul. spezifischen Transmissionswärmeverluste H'T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	0,55							
tat. spezifischen Transmissionswärmeverluste H'T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	1,05	0,48							
Unterschreitung der zul. spezifischen Transmissionswärmeverluste H'T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	12%							
zul. Jahresprimärenergiebedarfs Q'' _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	109							
tat. Jahresprimärenergiebedarfs Q'' _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	275	105	93	71	85	35	77	92	-
Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs Q'' _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	3%	14%	35%	22%	68%	29%	15%	-
Bedarf Endenergie für Heizung & Warmwasser ohne Hilfsenergie Strom, ohne Stromgutschrift KWK bzw. Strom für die Wärmepumpe, bezogen auf die m² Wohnfläche, bezogen auf H _e	256	96	79	165	75	125	25	32	-

- Die Untersuchung wurde vom Institut Wohnen und Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf dem Monatsverfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierenden Berechnungen wurde die Software EnEv-XL verwendet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle Planung.

- Alle Varianten wurden mit einer Aufstellung der Systeme im beheizten Bereich gerechnet.

- In Variante 2 wurde Solarthermie ausschließlich zur Unterstützung der Warmwassererzeugung eingesetzt

- Variante 3 wurde mit einem Primärenergiefaktor $\eta_P = 0,7$ nach DIN V 4701-10 für KWK aus foss. Brennstoffen, in den Varianten 6 und 7 mit $\eta_P = 3,0$ für Strom gerechnet. Alle anderen Varianten mit wurde mit einem Primärenergiefaktor $\eta_P = 1,1$ nach DIN V 4701-10 für Erdgas H gerechnet.

- In Variante 3 wurde der Bedarf an Erdgas für Heizung & Warmwasser auf Basis des Nutzenergiebedarfs nach EnEV mit einem thermischen Wirkungsgrad von 57 % für ein (Kleinst-) BHKW berechnet. Eine Stromgutschrift für die im Kraftwerkspark eingesparte Endenergie Erdgas zur Stromerzeugung wurde nicht berücksichtigt.

- Für Variante 4 wurde eine monovalente gasmotorische Luft/Wasser-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser angenommen. Die Jahresarbeitszahl wurde mit $\beta_{WP} = 1,2$ festgelegt.