

Die EnEV und das Niedrigenergiehaus

Beispielberechnungen für ein Einfamilienhaus

Tobias Loga

Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt



INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH
Annastraße 15
64285 Darmstadt
Fon: 0 61 51 / 29 04 - 0
Fax: 0 61 51 / 29 04 -97
Internet:
<http://www.iwu.de>

Was bringt die neue Energieeinsparverordnung für den Neubau?

Seit Februar 2002 gilt die neue Energieeinsparverordnung (EnEV). Gegenüber den bisherigen gesetzlichen Anforderungen bringt sie für Neubauten eine Reihe von Verbesserungen grundsätzlicher Art, die sehr zu begrüßen sind:

- ⊕ Es werden erstmals **Anforderungen an die energetische Effizienz der Anlagentechnik** für Raumheizung und Warmwasserbereitung gestellt.
- ⊕ Berücksichtigt werden neben dem direkten Wärmeverlust von Kessel, Speicher und Wärmeverteilung auch der **Stromverbrauch von Pumpen, Lüftern, Regelungen etc.**, dessen Anteil am Energieverbrauch von Heizungsanlagen stetig steigt.
- ⊕ Die energetische Bilanzierung erfolgt **systematisch sauber auf der Ebene Nutz-, End- und Primärenergie**.
- ⊕ Der für die Energiekosten entscheidende **Endenergiebedarf** wird **getrennt nach Energieträgern** bestimmt und ausgewiesen.
- ⊕ Der für Heizung und Warmwasser erforderliche gesamte Aufwand an Energie – der **Primärenergiebedarf** – wird begrenzt. Dieser ganzheitliche Ansatz wird den Anforderungen an Klimaschutz und Ressourcenschonung gerecht.
- ⊕ Die Anforderung an den Primärenergiebedarf gibt lediglich das **Energieverbrauchsziel** vor – **der Weg dorthin ist im Grundsatz frei** (abgesehen von Mindeststandards für Wärmeschutz und Leitungsdämmung). Eine solche **funktionale Anforderung** bietet die **besten Voraussetzungen für die ökonomische Optimierung** im Zuge der Planung.
- ⊕ **Die Vermeidung von Wärmebrücken** und die **Durchführung von Drucktests** rückt stärker ins Blickfeld von Planern und Ausführenden.

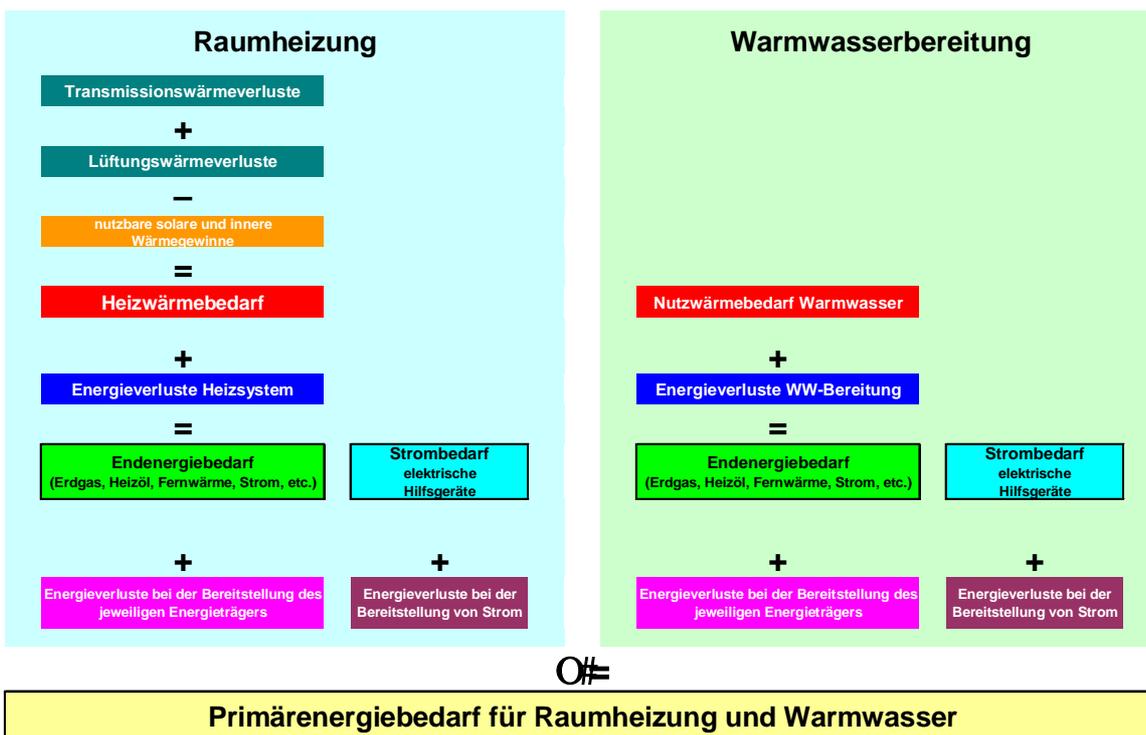


Bild 1:
Systematik der energetischen Bilanzierung der EnEV

Der systematische Ansatz entspricht damit schon weitestgehend den in [Loga/Hinz 1998] formulierten Anforderungen an die Novellierung von Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung. Leider sind jedoch auch gravierende Mängel zu verbuchen, so dass die tatsächliche Verbesserung der energetischen Gebäudequalität voraussichtlich nicht den durch die EnEV geweckten Erwartungen entsprechen wird (vgl. [IWU 2001]):

- ④# **Die angekündigte Reduzierung des Energieverbrauchs von Neubauten um „durchschnittlich 30%“ wird nur auf dem Papier erreicht. Tatsächlich liegt die Minderung je nach Gebäude in einem Bereich zwischen ca. 5% und 25% – im Mittel höchstens 15 %.**
- ④# **Insbesondere wird der Niedrigenergiehaus-Standard (Heizwärmebedarf EFH \leq 70, MFH \leq 55 kWh pro m² Wohnfläche) nicht erreicht.** Die real auftretenden Werte für den Heizwärmebedarf liegen für typische Einfamilienhäuser zwischen 75 und 120 kWh, für typische Mehrfamilienhäuser zwischen 70 und 100 kWh pro m² Wohnfläche.
- ④# Die Anforderungen sind **in hohem Maße vom A/V-Verhältnis abhängig**: Ein Gebäude mit vielen Vor-, Rücksprüngen, Gauben etc. darf mehr Energie verbrauchen als ein kompaktes. **Die Minimierung der Hüllfläche scheidet damit als Stellgröße der energetischen Optimierung aus.**
- ④# **Die dezentrale Warmwasserbereitung wird bevorzugt**, da hier höhere Primärenergiekennwerte zugelassen werden.
- ④# **Die in der EnEV verwendete „Gebäudenutzfläche“ A_N ist eine künstliche Größe.** Sie liegt zwischen 10 und 40% über der bei Wohngebäuden allgemein gebräuchlichen Wohnfläche und spiegelt daher niedrigere Energiekennwerte vor.
- ④# **Die in der EnEV-Berechnung verwendeten Randbedingungen sind unrealistisch**: Die mittlere Raumtemperatur wird mit 18,2 °C, die Heizgrenze mit 10°C angesetzt, es wird generell von einer unverschatteten Lage ausgegangen, die inneren Wärmequellen sind um 50 bis 100% überhöht (vgl. [Feist 1994]). Diesen Randbedingungen, die tendenziell zu einem zu niedrigen Heizwärmebedarf führen, steht ein zu hoch angesetzter mittlerer Luftwechsel gegenüber (pro Bewohner stündlich ca. 70 bis 85 m³ Frischluft). Die verzerrte Abbildung der realen Energiebilanz kann zu Fehloptimierungen in der Planung führen (zu günstige Beurteilung großer Verglasungen, zu hoch ausgelegte Lüftungsanlagen etc.).
- ④# **Durch die optimistischen Ansätze bei der energetischen Bilanzierung und die zu große „Gebäudenutzfläche“ A_N liegen die nach EnEV berechneten Energiekennwerte um ca. 10 bis 50% niedriger als gemessene auf die reale Fläche bezogene Verbrauchskennwerte.** Die Vergleichbarkeit mit Verbrauchskennwerten aus dem Gebäudebestand (Verbrauchskostenabrechnung, Heizspiegel) ist nicht gegeben. Dies führt zu einer Irritation der Verbraucher. Die gegenüber den EnEV-Kennwerten faktisch höheren Verbrauchskennwerte werden in der Öffentlichkeit eventuell einer nicht voll wirksamen Dämmung oder Anlagentechnik zugeschrieben.
- ④# Es ist **kein neuer Ansatz für eine Verbesserung der Umsetzung** der Anforderungen bzw. der Qualitätssicherung erkennbar. Die Verlagerung der Ausstellung des Energiebedarfsausweises auf den Zeitpunkt der Baufertigstellung wird nur vereinzelt angegangen (z.B. Berlin).

Insgesamt wird die EnEV damit **den langfristigen Anforderungen an Umwelt- bzw. Klimaschutz und Ressourcenschonung nicht gerecht**. Daher muss gefordert werden, dass die Bundesregierung möglichst umgehend einen **Zeitplan** erstellt, der eine **stufenweise Verbesserung des energetischen Standards auf das Niveau des 3-Liter-Hauses und schließlich des Passivhauses** vorsieht.

Beispiel-Einfamilienhaus



Bild 2:

**Ansichten des Beispielgebäudes
(Quelle: Architekturbüro Schmitt,
Limburg / PROTEC
GmbH, Elz)**

Die Auswirkungen der neuen EnEV sollen exemplarisch an Hand eines Einfamilienhauses deutlich gemacht werden. Es handelt sich um ein frei stehendes Einfamilienhaus mit 133 m² Wohnfläche. Das in Holztafelbauweise errichtete 2-geschossige Niedrigenergiehaus wurde 1997 in Erbachtal/Elz errichtet (Planung/Realisierung: Architekturbüro Schmitt, Limburg / PROTEC GmbH, Elz). und wurde im Rahmen der „Aktion Hessenhaus“ des Hessischen Wirtschaftsministeriums ausgezeichnet. Die energetischen Eigenschaften wurden im Rahmen des Projekts "Elektro-Wärmepumpen und andere Heizsysteme für Niedrigenergiehäuser" im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums analysiert [GERTEC 2001].

Auf den folgenden Seiten ist ein fiktiver Nachweis nach der jetzt gültigen Energieeinsparverordnung geführt. Dabei wurde für die Heizungsanlage das Vorhandensein eines Gas-Brennwertkessels in Kombination mit einer Solaranlage angesetzt. Die U-Werte der Bauteile wurden so angepasst, dass nach dem "Vereinfachten Verfahren" der EnEV gerade der Grenzwert eingehalten wird.

Im Rahmen des EnEV-Nachweises wird der spezifische Transmissionswärmeverlust H_T' bestimmt, der etwa dem mittleren k-Wert der WSchV 1984 entspricht – allerdings gehen in H_T' auch die Reduktionsfaktoren für Bauteile gegen Keller, Erdreich etc. mit ein (Bild 3). Die EnEV gibt für H_T' Maximalwerte in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis vor, die in diesem Fall eines effizienten Heizsystems mit 0,49 W/(m²K) gerade eingehalten werden. Der so definierte Mindest-Wärmeschutz entspricht etwa dem Niveau der WSchV 1995.

EnEV-Nachweis - vereinfachtes Verfahren Berechnung nach DIN 4108-6 : 2000 Anhang D

EnEV-XL 1.23 - Lizenznehmer: Institut Wohnen und Umwelt - 64285 Darmstadt



Objekt: **eff. Heizsystem Gas + Solaranlage; U-Werte angepasst** Kurz-Bezeichnung: **EFH Erbachtal/Elz Var. 2**

Raumtemp. **19,0** °C A/V-Verhältnis **0,784** m⁻¹ beheiztes Gebäudevolumen **494,0** m³
Gebäudetyp **EFH** reale Energiebezugsfläche **133,2** m² "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV **158,1** m²

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor	W/K
1. Dachfläche	85,9	0,270	1,0	23
2. Außenwand EG	82,6	0,400	1,0	33
3. Außenwand OG	108,3	0,400	1,0	43
4. Boden gegen Erdreich	79,8	0,500	0,6	24
5. Außentür	2,3	2,000	1,0	5
6. Fenster	28,3	1,500	1,0	42
7.				
8.				
pauschaler Wärmebrückenzuschlag	387,2	0,05	1,0	19

Spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T Summe **190**

ankreuzen:

Nachweis Dichtigkeit (n₅₀ < 3 1/h; bei Lüftungsanlagen n₅₀ < 1,5 1/h)

Spezifischer Lüftungswärmeverlust H_V **0,190** * beh. Geb.-Vol. **494,0** = **94** W/K

Fenster	Ausrichtung	Reduktionsfaktor	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a
1. Ost	O/W	0,567	0,60	4,56	155	240
2. Süd	S	0,567	0,60	17,31	270	1590
3. West	O/W	0,567	0,60	3,31	155	175
4. Nord	N	0,567	0,60	3,12	100	106
5.	-	0,567				
6.	-	0,567				

Solare Gewinne Q_S Summe **2111**

Innere Gewinne Q_I $22,0 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \cdot 158,1 \text{ m}^2 = 3478 \text{ kWh/a}$

Wärmegewinne Q_G Freie Wärme Q_F $Q_S + Q_I = 5589$

Jahres-Heizwärmebedarf Q_h

$$66 \left(190,0 \frac{\text{W}}{\text{K}} + 93,9 \frac{\text{W}}{\text{K}} \right) \cdot 0,95 \left(2111 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} + 3478 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right) = 13423 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Q_h"
kWh/(m²a)
84,9
kWh/(m²a)

Nebenanforderung Neubau:

spezif. Transmissionswärmeverlust H_T' **0,491** W/(m²K) **Grenzwert 0,491** **relativ zum Grenzwert 100%**

Hauptanforderung Neubau:

Heizsystem: **BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, mit Speicher und Solaranlage, ohne**
Warmwasser: **zentral** **Anlagenaufwandszahl (primärenergiebez.) nach DIN V 4701-10: 1,191**

Primärenergiebedarf Q_p"

116,0 kWh/(m²a) **Grenzwert 120,0** **relativ zum Grenzwert 97%**

Institut Wohnen und Umwelt - August 2001

Bild 3: Berechnung des Heizwärme- und Primärenergiebedarfs gemäß dem "vereinfachten Verfahren" der EnEV

Bei der Berechnung des Transmissionswärmeverlustes ergeben sich gegenüber den bisherigen Regelungen folgende wesentliche Änderungen:

- ## Die **U-Werte opaker** (= nicht-transparenter) **Bauteile** werden jetzt gemäß **DIN EN ISO 6946** berechnet. Gegenüber der bisher gültigen DIN 4108-5:1981 gibt es kleine Modifikationen bei den Wärmeübergangswiderständen, bei den Wärmedurchlasswiderständen unbeheizter Räume (z.B. nicht ausgebauter Dächer) und eine genauere Berechnung des U-Wertes mehrschichtiger Bauteile.
- ## Die Berechnung von **U-Werten von Fenstern** erfolgt gemäß **DIN EN ISO 10077** als Ersatz für DIN 4108-4: Es werden erstmals die Wärmeverluste im Randverbund berücksichtigt; U-Werte von Fensterrahmen werden genauer bestimmt. Im gewählten Beispiel kommt ein Holzfenster zum Einsatz mit einem Verglasungs-U-Wert von 1,1 W/(m²K) und einem konventionellen Aluminium-Randverbund: damit ergibt sich $U_w = 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.
- ## Es werden **Wärmebrücken** im Nachweis berücksichtigt: In dem Beispiel wird davon ausgegangen, dass die in **DIN 4108 Beiblatt 2** abgedruckten beispielhaften Anforderungen an Bauteilanschlüsse eingehalten werden. Damit kann ein Zuschlag von 0,05 W/(m²K) auf die gesamte thermische Hülle angesetzt werden (= Standard im "vereinfachten Verfahren"). Alternativ ist die Verwendung der real vorliegenden Wärmeverlustkoeffizienten möglich, die bei einer guten planerischen Optimierung deutlich geringere Verluste ergeben können. Die Berechnung erfolgt dann gemäß DIN EN ISO 10211.

Der weitere Rechengang entspricht etwa dem des Nachweises nach WSchV 1995 (vgl. Bild 3). Für die Bestimmung der Nachweisgröße Primärenergiebedarf muss die Summe aus Heizwärmebedarf und Warmwasserbedarf (Standardwert 12,5 kWh/(m²a)) mit der "Anlagenaufwandszahl" multipliziert werden. Die Anlagenaufwandszahl ist das Verhältnis aus Primärenergieaufwand zur gelieferten Nutzwärme und kann im einfachsten Fall aus einer Tabelle abgelesen werden: In DIN 4701-10 Anhang C.5 sind die Anlagenaufwandszahlen für 6 Anlagentypen, in dem neuen Beiblatt für weitere 71 Anlagentypen abgedruckt.

Wenn Anlagenkomponenten frei gewählt und kombiniert werden sollen, kann ein detaillierterer Nachweis geführt werden. Hier sind dann auch die Beiträge der Teilsysteme am gesamten Energieverlust erkennbar. Diese Transparenz erlaubt eine zielgerichtete energetische Optimierung. Bild 5 zeigt die entsprechende Berechnung für das gewählte Raumheizsystem des Beispielgebäudes, Bild 4 für die Warmwasserbereitung.

Bei dem Beispiel besteht die innerhalb der thermischen Hülle angeordnete Anlagentechnik aus einem Brennwertkessel (Erzeugeraufwandszahl 1,01 für Heizungsbetrieb und 1,15 für Warmwasserbereitung – entspricht einem Jahresnutzungsgrad von 99% bzw. 87%) und einer thermischen Solaranlage (58% Deckungsanteil). Die Warmwasserbereitung erfolgt ohne Zirkulation. Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der energetischen Bilanzierung und der Nachweisgröße Primärenergiebedarf zeigt Bild 6.

HEIZUNG

EnEV-VV

Gebäude: EFH Erbachtal/Elz Var. 2 (VV)
 Bereich:
 Heizstrang:

$Q_{h,N}$	13.423 kWh/a	nach Abschnitt 4.1
$A_{N,N}$	158,1 m ²	aus DIN V 4108-6
$q_{h,N}$	84,9 kWh/m ² a	

WÄRME (WE)		Rechenvorschrift / Quelle	Dimension						
Übergabe	q_h	Jahresheizwärmebedarf nach Abschnitt 4.1	[kWh/m ² a]	84,91					
		$q_{h,TW}$	aus Berechnungsblatt Trinkwassererwärmung	[kWh/m ² a]	-	2,94			
			$q_{h,L}$	aus Berechnungsblatt Lüftung	[kWh/m ² a]		0,00		
		Verteilung	$q_{H,ce}$	Tabelle C.3.1	[kWh/m ² a]	+	3,30		
				$q_{H,d}$	Tabellen C.3.2a, b oder d		[kWh/m ² a]	1,77	
				$q_{H,s}$	Tabelle C.3.3		[kWh/m ² a]	0,00	
Speicherung	Q	$(q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} + q_{H,ce} + q_{H,d} + q_{H,s})$	[kWh/m ² a]	87,04					
					Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3		
		Erzeuger-Deckungsanteil	$\zeta_{g,i}$	Tabelle C.3.4a	[-]	1,00	0,00	0,00	
Erzeuger-Aufwandszahl	$e_{g,i}$			Tabelle C.3.4b,c,d oder e	[-]	1,01	0,00	0,00	
		Umwandlung Primärenergie	$q_{H,E}$	$Q \times (e_{g,i} \times \zeta_{g,i})$	[kWh/m ² a]	87,9	0,0	0,0	
f_p	Tabelle C.4.1			[-]	1,1	0,0	0,0		
	$q_{H,P}$			$Q_{H,E,i} \times f_{p,i}$	[kWh/m ² a]	96,7	0,0	0,0	

87,9 kWh/m ² a	Endenergie
96,7 kWh/m ² a	Primärenergie

Hilfsenergie (HE)		Rechenvorschrift / Quelle	Dimension				
Übergabe	$q_{H,ce,HE}$	Tabelle C.3.1	[kWh/m ² a]	0,00			
		Verteilung	$q_{H,d,HE}$	Tabelle C.3.2c	[kWh/m ² a]	1,66	
				Speicherung	$q_{H,s,HE}$	Tabelle C.3.3	[kWh/m ² a]
			Erzeuger 1			Erzeuger 2	Erzeuger 3
Erzeuger-Deckungsanteil	$\zeta_{g,i}$	Tabelle C.3.4a	[-]	1,00	0,00	0,00	
		Erzeuger-Hilfsenergie	$q_{H,g,HE}$	Tabelle C.3.4b-e	[-]	0,65	0,00
Umwandlung Primärenergie	$q_{H,HE,E}$			$\zeta \times q_{H,g,HE}$	[kWh/m ² a]	0,65	0,00
		f_p	Tabelle C.4.1	[-]	3,0		
			$q_{H,HE,P}$	$Q_{H,HE,E} \times f_p$	[kWh/m ² a]	6,9	

2,3 kWh/m ² a	Endenergie
6,9 kWh/m ² a	Primärenergie

$Q_{H,E}$	$Q_{H,E} \times A_N$ $Q_{H,HE,E} \times A_N$	WÄRME HILFS- ENERGIE	13.897 kWh/a	ENDENERGIE
			364 kWh/a	
$Q_{H,P}$	$(Q_{H,P} + Q_{H,HE,P}) \times A_N$		16.380 kWh/a	PRIMÄRENERGIE
e_H	$Q_{H,P} / q_h$		1,22 [-]	AUFWANDSZAHL-HEIZUNG

Bild 4: Berechnung des Primärenergiebedarfs für die Bereitstellung der Raumwärme gemäß DIN V 4701-10 Anhang C.1 – C.4 (tabellierte Standardwerte)

TRINKWASSERERWÄRMUNG

Gebäude: EFH Erbachtal/Elz Var. 2 (VV)
 Bereich:
 TW-Strang:

$Q_{TW} = 1.976 \text{ kWh/a}$
 $A_N = 158,1 \text{ m}^2$
 $q_{TW} = 12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

WÄRME (WE)																																										
	Rechnenvorschrift / Quelle	Dimension																																								
Wärmebedarf	q_{TW}	aus EnEV	12,50																																							
Trinkwasser	$q_{TW,ce}$	Tabelle C.1.1	0,00																																							
Übergabe	$q_{TW,d}$	Tabellen C.1.2a bzw. C.1.2c	4,14																																							
Verteilung	$q_{TW,s}$	Tabelle C.1.3a	2,42																																							
Speicherung	O	$(q_{TW} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s})$	19,05																																							
<table border="1"> <tr> <th>Erzeuger</th> <th>Erzeuger 1</th> <th>Erzeuger 2</th> <th>Erzeuger 3</th> </tr> <tr> <td>Erzeuger</td> <td>$\zeta_{TW,g}$</td> <td>Tabelle C.1.4a</td> <td>[-]</td> <td>0,42</td> <td>0,58</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Deckungsanteil</td> <td>$e_{g,TW,g}$</td> <td>Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f</td> <td>[-]</td> <td>1,15</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Erzeuger</td> <td>$q_{TW,E,i}$</td> <td>$O(q_{TW} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \times e_{g,TW,g,i} \times \zeta_{TW,g,i}$</td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>9,2</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Umwandlung</td> <td>$f_{PE,i}$</td> <td>Tabelle C.4.1</td> <td>[-]</td> <td>1,1</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Primärenergie</td> <td>$q_{TW,P,i}$</td> <td>$Oq_{TW,E,i} \times f_{PE,i}$</td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>10,1</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> </table>				Erzeuger	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger	$\zeta_{TW,g}$	Tabelle C.1.4a	[-]	0,42	0,58	0,00	Deckungsanteil	$e_{g,TW,g}$	Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f	[-]	1,15	0,00	0,00	Erzeuger	$q_{TW,E,i}$	$O(q_{TW} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \times e_{g,TW,g,i} \times \zeta_{TW,g,i}$	[kWh/m ² a]	9,2	0,0	0,0	Umwandlung	$f_{PE,i}$	Tabelle C.4.1	[-]	1,1	0,0	0,0	Primärenergie	$q_{TW,P,i}$	$Oq_{TW,E,i} \times f_{PE,i}$	[kWh/m ² a]	10,1	0,0	0,0
Erzeuger	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3																																							
Erzeuger	$\zeta_{TW,g}$	Tabelle C.1.4a	[-]	0,42	0,58	0,00																																				
Deckungsanteil	$e_{g,TW,g}$	Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f	[-]	1,15	0,00	0,00																																				
Erzeuger	$q_{TW,E,i}$	$O(q_{TW} + q_{TW,ce} + q_{TW,d} + q_{TW,s}) \times e_{g,TW,g,i} \times \zeta_{TW,g,i}$	[kWh/m ² a]	9,2	0,0	0,0																																				
Umwandlung	$f_{PE,i}$	Tabelle C.4.1	[-]	1,1	0,0	0,0																																				
Primärenergie	$q_{TW,P,i}$	$Oq_{TW,E,i} \times f_{PE,i}$	[kWh/m ² a]	10,1	0,0	0,0																																				
<table border="1"> <tr> <td>$q_{h,TW,d}$</td> <td>1,87</td> <td>[kWh/m²a]</td> </tr> <tr> <td>$q_{h,TW,s}$</td> <td>1,07</td> <td>[kWh/m²a]</td> </tr> <tr> <td>$q_{h,TW}$</td> <td>2,94</td> <td>[kWh/m²a]</td> </tr> </table>				$q_{h,TW,d}$	1,87	[kWh/m ² a]	$q_{h,TW,s}$	1,07	[kWh/m ² a]	$q_{h,TW}$	2,94	[kWh/m ² a]																														
$q_{h,TW,d}$	1,87	[kWh/m ² a]																																								
$q_{h,TW,s}$	1,07	[kWh/m ² a]																																								
$q_{h,TW}$	2,94	[kWh/m ² a]																																								
<table border="1"> <tr> <td>$Q_{TW,E}$</td> <td>$Oq_{TW,E} \times A_N$</td> <td>WÄRME</td> <td>1.453 kWh/a</td> <td>ENDENERGIE</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$Oq_{TW,HE,E} \times A_N$</td> <td>HILFS-ENERGIE</td> <td>120 kWh/a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$Q_{TW,P}$</td> <td>$(Oq_{TW,P} + Oq_{TW,HE,P}) \times A_N$</td> <td></td> <td>1.957 kWh/a</td> <td>PRIMÄRENERGIE</td> </tr> <tr> <td>e_H</td> <td>$Q_{H,PE} / Q_h$</td> <td></td> <td>0,99 [-]</td> <td>AUFWANDSZAHL-TW</td> </tr> </table>				$Q_{TW,E}$	$Oq_{TW,E} \times A_N$	WÄRME	1.453 kWh/a	ENDENERGIE		$Oq_{TW,HE,E} \times A_N$	HILFS-ENERGIE	120 kWh/a		$Q_{TW,P}$	$(Oq_{TW,P} + Oq_{TW,HE,P}) \times A_N$		1.957 kWh/a	PRIMÄRENERGIE	e_H	$Q_{H,PE} / Q_h$		0,99 [-]	AUFWANDSZAHL-TW																			
$Q_{TW,E}$	$Oq_{TW,E} \times A_N$	WÄRME	1.453 kWh/a	ENDENERGIE																																						
	$Oq_{TW,HE,E} \times A_N$	HILFS-ENERGIE	120 kWh/a																																							
$Q_{TW,P}$	$(Oq_{TW,P} + Oq_{TW,HE,P}) \times A_N$		1.957 kWh/a	PRIMÄRENERGIE																																						
e_H	$Q_{H,PE} / Q_h$		0,99 [-]	AUFWANDSZAHL-TW																																						

Hilfsenergie (HE)																																																	
	Rechnenvorschrift / Quelle	Dimension																																															
Übergabe	$q_{TW,ce,HE}$	Tabelle C.1.1	0,00																																														
Verteilung	$q_{TW,d,HE}$	Tabelle C.1.2b	0,00																																														
Speicherung	$q_{TW,s,HE}$	Tabelle C.1.3b	0,08																																														
<table border="1"> <tr> <th>Erzeuger</th> <th>Erzeuger 1</th> <th>Erzeuger 2</th> <th>Erzeuger 3</th> </tr> <tr> <td>Erzeuger</td> <td>$\zeta_{TW,g,i}$</td> <td>Tabelle C.1.4a</td> <td>[-]</td> <td>0,42</td> <td>0,58</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Deckungsanteil</td> <td>$q_{TW,g,HE}$</td> <td>Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f</td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>0,24</td> <td>1,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Erzeuger</td> <td>$\zeta_{TW,g,i} \times q_{TW,g,HE,i}$</td> <td></td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>0,10</td> <td>0,58</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Umwandlung</td> <td>$Oq_{TW,HE,E}$</td> <td>$q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + Oq_{TW,g,HE}$</td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>0,76</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Primärenergie</td> <td>f_P</td> <td>Tabelle C.4.1</td> <td>[-]</td> <td>3,0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>$q_{TW,HE,P}$</td> <td>$Oq_{TW,HE,E} \times f_P$</td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>2,3</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Erzeuger	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger	$\zeta_{TW,g,i}$	Tabelle C.1.4a	[-]	0,42	0,58	0,00	Deckungsanteil	$q_{TW,g,HE}$	Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f	[kWh/m ² a]	0,24	1,00	0,00	Erzeuger	$\zeta_{TW,g,i} \times q_{TW,g,HE,i}$		[kWh/m ² a]	0,10	0,58	0,00	Umwandlung	$Oq_{TW,HE,E}$	$q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + Oq_{TW,g,HE}$	[kWh/m ² a]	0,76			Primärenergie	f_P	Tabelle C.4.1	[-]	3,0				$q_{TW,HE,P}$	$Oq_{TW,HE,E} \times f_P$	[kWh/m ² a]	2,3		
Erzeuger	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3																																														
Erzeuger	$\zeta_{TW,g,i}$	Tabelle C.1.4a	[-]	0,42	0,58	0,00																																											
Deckungsanteil	$q_{TW,g,HE}$	Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f	[kWh/m ² a]	0,24	1,00	0,00																																											
Erzeuger	$\zeta_{TW,g,i} \times q_{TW,g,HE,i}$		[kWh/m ² a]	0,10	0,58	0,00																																											
Umwandlung	$Oq_{TW,HE,E}$	$q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + Oq_{TW,g,HE}$	[kWh/m ² a]	0,76																																													
Primärenergie	f_P	Tabelle C.4.1	[-]	3,0																																													
	$q_{TW,HE,P}$	$Oq_{TW,HE,E} \times f_P$	[kWh/m ² a]	2,3																																													
<table border="1"> <tr> <td>$Q_{TW,HE,E}$</td> <td>$q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + Oq_{TW,g,HE}$</td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>0,76</td> <td>0,8 kWh/m²a Endenergie</td> </tr> <tr> <td>f_P</td> <td>Tabelle C.4.1</td> <td>[-]</td> <td>3,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$q_{TW,HE,P}$</td> <td>$Oq_{TW,HE,E} \times f_P$</td> <td>[kWh/m²a]</td> <td>2,3</td> <td>2,3 kWh/m²a Primärenergie</td> </tr> </table>				$Q_{TW,HE,E}$	$q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + Oq_{TW,g,HE}$	[kWh/m ² a]	0,76	0,8 kWh/m ² a Endenergie	f_P	Tabelle C.4.1	[-]	3,0		$q_{TW,HE,P}$	$Oq_{TW,HE,E} \times f_P$	[kWh/m ² a]	2,3	2,3 kWh/m ² a Primärenergie																															
$Q_{TW,HE,E}$	$q_{TW,ce,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + Oq_{TW,g,HE}$	[kWh/m ² a]	0,76	0,8 kWh/m ² a Endenergie																																													
f_P	Tabelle C.4.1	[-]	3,0																																														
$q_{TW,HE,P}$	$Oq_{TW,HE,E} \times f_P$	[kWh/m ² a]	2,3	2,3 kWh/m ² a Primärenergie																																													

Bild 5: Berechnung des Primärenergiebedarfs für die Warmwasserbereitung gemäß DIN V 4701-10 Anhang C.1 – C.4 (tabellierte Standardwerte)

Anlagenbewertung nach DIN 4701 Teil 10

für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen



12.4.2002

EFH Erbachtal/Eiz Var. 2 (VV)

eff. Heizsystem Gas + Solaranlage; U-Werte angepasst

Bezeichnung des Gebäudes oder des Gebäudeteils _____

Ort _____

Straße und Hausnummer _____

Gemarkung _____

Flurstücknummer _____

I. Eingaben

$A_N = 158,1 \text{ m}^2$

$t_{HP} =$ Tage

TRINKWARMWASSER-ERWÄRMUNG

HEIZUNG

LÜFTUNG

absoluter Bedarf

$Q_{TW} = 1.976 \text{ kWh/a}$

$Q_H = 13.423 \text{ kWh/a}$

WRG bei Berechnung des Heizwärmebedarfs berücksichtigt

spezifischer Bedarf

$q_{TW} = 12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

$q_H = 84,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

II. Systembeschreibung

Übergabe				Thermostatventile, Proportionalbereich 2K					
Verteilung	ohne Zirkulation, Verteilung im beheizten Bereich (bis max. 500 m ² AN)			horiz. Verteilung beheizt, Verteilung innen, 55/45°C, unregelmäßige Pumpe					
Speicherung	Bivalenten Solarspeicher, Aufstellung im beheizten Bereich								
Erzeugung	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger WÜT	Erzeuger LL-WP	Erzeuger Heizregister
Deckungsanteil	0,42	0,58		1,00			-	-	-
Erzeuger	Brennwertkessel	thermische Solaranlage		Brennwertkessel, 55/45°C im beheizten Bereich (bis max. 500 m ² AN)					

III. Ergebnisse

Deckung von q_h	$q_{h,TW} = 2,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$q_{h,H} = 87,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$q_{h,L} = \text{ kWh/m}^2\text{a}$
OWÄRME	Erdgas H Sonne	Erdgas H Sonne	-
OHILFS-ENERGIE	$Q_{TW,E} = 1.453 \text{ kWh/a}$	$Q_{H,E} = 13.897 \text{ kWh/a}$	$Q_{L,E} = \text{ kWh/a}$
	120 kWh/a	364 kWh/a	kWh/a
OPRIMÄR-ENERGIE	$Q_{TW,P} = 1.957 \text{ kWh/a}$	$Q_{H,P} = 16.380 \text{ kWh/a}$	$Q_{L,P} = \text{ kWh/a}$

ENDENERGIE

$Q_E = 15.350 \text{ kWh/a}$
 484 kWh/a

OWÄRME
OHILFSENERGIE

PRIMÄRENERGIE

$Q_P = 18.337 \text{ kWh/a}$

OPRIMÄRENERGIE

ANLAGEN-AUFWANDSZAHL

$e_p = 1,19$

PRIMÄRENERGIE-BEDARF

$Q_p'' = 116,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

Bild 6: Berechnung des Primärenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser gemäß DIN V 4701-10 Anhang C.1 – C.4

Energiebedarfsausweis nach § 13 Energieeinsparverordnung

I. Objektbeschreibung

Gebäude / -teil **Beispiel-Gebäude** Nutzungsart Wohngebäude
 PLZ, Ort **66666 Neustadt** Straße, Haus-Nr. **Hauptstraße 13**
 Baujahr **1997** Jahr der baulichen Änderung

Geometrische Angaben

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A **387,2 m²** Bei Wohngebäuden:
 Beheiztes Gebäudevolumen V_e **494,0 m³** "Gebäudenutzfläche" A_N **158,1 m²**
 Verhältnis A/V_e **0,784 m⁻¹** Wohnfläche (Angabe freigestellt) **133,2 m²**

Beheizung und Warmwasserbereitung

Art der Beheizung **Brennwertkessel, 55/45°C im beheizten Bereich (bis max. 500 m² AN)** Art der Warmwasserbereitung **Brennwertkessel / thermische Solaranlage**
 Art der Nutzung erneuerbarer Energien **thermische Solaranlage** Anteil erneuerbarer Energien **0 %** am Heizwärmebedarf

II. Energiebedarf

Jahres-Primärenergiebedarf

Zulässiger Höchstwert **120,0**  Berechneter Wert **116,0**

Endenergiebedarf nach eingesetzten Energieträgern

		Energieträger 1 Erdgas	Energieträger 2 Sonne
Endenergiebedarf (absolut)		16077 kWh/a	0 kWh/a
Endenergiebedarf bezogen auf			
Nicht-Wohngebäude	das beheizte Gebäudevolumen V _e	kWh/(m ³ a)	kWh/(m ³ a)
Wohngebäude	die "Gebäudenutzfläche" A _N	101,7 kWh/(m ³ a)	0,0 kWh/(m ³ a)
	die Wohnfläche (Angabe freigestellt)	120,7 kWh/(m ³ a)	0,0 kWh/(m ³ a)

Hinweis:

Die angegebenen Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs und des Endenergiebedarfs sind vornehmlich für die überschlägig vergleichende Beurteilung von Gebäuden und Gebäudeentwürfen vorgesehen. Sie wurden auf der Grundlage von Planunterlagen ermittelt. Sie erlauben nur bedingt Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch, weil der Berechnung dieser Werte auch normierte Randbedingungen etwa hinsichtlich des Klimas, der Heizdauer, der Innentemperaturen, des Luftwechsels, der solaren und internen Wärmegevinne und des Warmwasserbedarfs zugrunde liegen. Die normierten Randbedingungen sind für die Anlagentechnik in DIN V 4701-10 : 2001-02 Nr. 5 und im Übrigen in DIN V 4108-6 : 2000-11 Anhang D festgelegt. Die Angaben beziehen sich auf Gebäude und sind nur bedingt auf einzelne Wohnungen oder Gebäudeteile übertragbar.

Bild 7: Energiebedarfsausweis Seite 1 für das Beispielgebäude (Optimierungsstufe 3, s.u.)

III. Weitere energiebezogene Merkmale

Transmissionswärmeverlust

Zulässiger Höchstwert

0,491 W/(m²K)



Berechneter Wert

0,491 W/(m²K)

Anlagentechnik

Anlagenaufwandszahl e_p

1,19

Berechnungsblätter sind beigelegt

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwasserverteilungsleitungen wurde nach Anhang 5 EnEV begrenzt.

Berücksichtigung von Wärmebrücken

pauschal mit 0,10 W/(m²K)

pauschal mit 0,05 W/(m²K) bei Verwendung von Planungsbeispielen nach DIN 4108 : 1998-08 Beibl. 2

mit differenziertem Nachweis

Nachweis ist beigelegt

Dichtheit und Lüftung

ohne Nachweis

mit Nachweis nach Anhang 4 Nr. 2 EnEV

Messprotokoll ist beigelegt

Mindestluftwechsel erfolgt durch

Fensterlüftung

mechanische Lüftung

andere Lüftungsart:

Sommerlicher Wärmeschutz

Nachweis nicht erforderlich, weil der Fensterflächenanteil 30 % nicht überschreitet

Nachweis der Begrenzung des Sonneneintragskennwertes wurde geführt

das Nichtwohngebäude ist mit Anlagen nach Anhang 1 Nr. 2.9.2 ausgestattet. Die innere Kühllast wird minimiert.

Berechnungen sind beigelegt

Einzelnachweise, Ausnahmen und Befreiungen

Einzelnachweise nach § 15 (3) EnEV wurden geführt für

eine Ausnahme nach § 16 EnEV wurde zugelassen. Sie betrifft

eine Befreiung nach § 17 EnEV wurde erteilt. Sie umfasst

Nachweise sind beigelegt

Bescheide sind beigelegt

Verantwortlich für die Angaben

Name		Datum	
Funktion/Firma		Unterschrift	
Anschrift		ggf. Stempel / Firmenzeichen	

Bild 8: Energiebedarfsausweis Seite 2 für das Beispielgebäude (Optimierungsstufe 3, s.u.)

Berechnungsbeispiel EnEV

Holzhaus Erbachtal/Elz, Baujahr 1997
Architekturbüro Schmitt / Limburg

beheizte Wohnfläche 133,2 m²
Gebäude-Brutto-Volumen 494,0 m³
"Gebäudenutzfläche" nach EnEV 158,1 m² (119% x beheizte Wohnfläche)
A/V-Verhältnis 0,784 1/m



IWU

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	NEH	
	effizientes Heizsystem Gas	eff. Heizsystem Gas + Solaranlage	eff. Heizsystem Gas; WW dez. elektr.	Nahwärme aus KWK	Wärmep. 35/28	ineffizientes Heizsystem Gas	wie gebaut; mit Brennwert-therme	
EnEV: Gebäude ("Vereinfachtes Verfahren")								
U-Wert Außenwand	0,35	0,40	0,30	0,40	0,40	0,16	0,17	W/(m ² K)
U-Wert Dach	0,22	0,27	0,22	0,27	0,27	0,12	0,15	W/(m ² K)
U-Wert Fußboden EG	0,40	0,50	0,30	0,50	0,50	0,20	0,20	W/(m ² K)
♥ äquivalente Dämmstoffstärke	11,4	9,5	13,6	9,5	9,5	25,0	23,0	cm
U-Wert Fenster	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	W/(m ² K)
Anforderungen Luftdichtheit (Blower Door-Test)	erfüllt	-	-	-	-	-	erfüllt	
Lüftungsanlage	-	-	-	-	-	-	Abluft	
spezifischer Transmissionswärmeverlust H _T '	0,44	Begrenzung 0,49	0,41	Begrenzung 0,49	Begrenzung 0,49	0,30	0,31	W/(m ² K)
Grenzwert H _T ' _{zul} (Nebenanforderung)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	W/(m ² K)
Verhältnis H _T ' zu H _T ' _{zul}	90%	100%	83%	100%	100%	61%	63%	
EnEV: Heizsystem (DIN V 4701-10 Anhang C)								
Beschreibung	BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, ohne Speicher, ohne Zirkulation	BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, mit Speicher und Solaranlage, ohne Zirkulation	BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, WW mit elektr. Durchlauferhitzer	Nahwärme aus KWK, ohne Speicher, ohne Zirkulation	Wärmepumpe Erdreich/Wasser 35/28°C mit Speicher, ohne Zirkulation	NT-Kessel 70/55°C + Speicher + Zirkulation, im unbeheizten Bereich	BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, ohne Speicher, ohne Zirkulation	
Jahresnutzungsgrad Heizsystem (Endenergie-bezogen, H _J)	88%	100%	93% (nur Heizung)	90%	321%	61%	83%	
flächenspezif. Primärenergiebedarf Q _P "	Begrenzung 120,0	116,0	Begrenzung 131,6	81,8	91,1	Begrenzung 120,0	93,5	kWh/(m ² a)
Q _P " _{zul} (Hauptanforderung)	120,0	120,0	132,0	120,0	120,0	120,0	120,0	kWh/(m ² a)
Verhältnis Q _P " zu Q _P " _{zul}	100%	97%	100%	68%	76%	100%	78%	

Bild 9: Variation von Wärmeschutz und Anlagentechnik bei Einhaltung der EnEV-Grenzwerte

Einhaltung der EnEV-Grenzwerte: verschiedene Varianten

Bild 9 zeigt, dass die Anforderungen der EnEV auf sehr unterschiedlichen Wegen eingehalten werden können. Es wurden verschiedene anlagentechnische Konzepte gewählt und der Wärmeschutz jeweils so angepasst, dass die EnEV-Grenzwerte gerade eingehalten werden. Ein Kästchen markiert bei jeder Variante, ob die Hauptanforderung (Primärenergiebedarf) oder die Nebenanforderung (spezifische Transmissionswärmeverlust) greift.

Der sich durch Vorgabe der Anlagentechnik ergebende Wärmeschutz wird anschaulich durch eine "äquivalente Dämmstoffstärke" dargestellt – das ist die Dämmstoffstärke (für WLG 040), die dem mittleren U-Wert der nicht-transparenten Bauteile (Außenwand, Dach, Erdgeschossfußboden) entspricht. Bei besonders energieeffizienten Anlagen sind nur 9,5 cm erforderlich, bei energetisch ineffizienten bis zu 25 cm äquivalente Dämmstoffstärke.

Die letzte Spalte "NEH" gibt zum Vergleich den baulichen Standard wieder, in dem das Objekt in Erbachtal/Elz realisiert wurde.¹ Der Primärenergiebedarf des realen Gebäudes liegt um 22%, der spezifische Transmissionswärmeverlust um 37% unter den Anforderungen der EnEV.

¹ Tatsächlich ist das Gebäude an ein Nahwärmenetz mit BHKW angeschlossen. Für die hier durchgeführten Betrachtungen wurde jedoch die sehr viel weiter verbreitete Ausstattung mit einer Gas-Kombitherme mit Brennwertnutzung zu Grunde gelegt.

Berechnungsbeispiel EnEV OPTIMIERUNG

Holzhaus Erbachtal/Elz, Baujahr 1997

Architekturbüro Schmitt / Limburg

beheizte Wohnfläche

133,2 m²

Gebäude-Brutto-Volumen

494,0 m³

"Gebäudenutzfläche" nach EnEV

158,1 m² (119% x beheizte Wohnfläche)

A/V-Verhältnis

0,784 1/m



	NEH	Optimierung Stufe 1	Optimierung Stufe 2	Optimierung Stufe 3	Optimierung Stufe 4	
	wie gebaut; mit Brennwert-Therme	wie gebaut; Wärmebrücken optimiert	wie Stufe 1 + Solaranlage	wie Stufe 2 + Lüftungsanl. mit WRG	wie Stufe 3 jedoch Passivhaus-Dämmung	
Berechnung nach EnEV: Gebäude (DIN V 4108-6 Monatsbilanzverfahren)						
U-Wert Außenwand	0,17	0,17	0,17	0,17	0,10	W/(m ² K)
U-Wert Dach	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	W/(m ² K)
U-Wert Fußboden EG	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	W/(m ² K)
♥ äquivalente Dämmstoffstärke	23,0	23,0	23,0	23,0	39,3	cm
U-Wert Fenster	1,50	1,50	1,50	1,50	0,80	W/(m ² K)
Anforderungen Luftdichtheit (Blower Door-Test)	erfüllt DIN 4108	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	
Wärmebrücken	Beiblatt 2	optimiert	optimiert	optimiert	optimiert	
Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Abluft	WRG	WRG	
Jahres-Heizwärmebedarf Q _h	6986	5709	5709	3542	1172	kWh/a
flächenspezif. Jahres-Heizwärmebedarf Q _h "	44,2	36,1	36,1	22,4	7,4	kWh/(m ² a)
spezifischer Transmissionswärmeverlust H _T '	0,31	0,31	0,31	0,31	0,20	W/(m ² K)
Grenzwert H _T ' _{zul} (Nebenanforderung)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	W/(m ² K)
Verhältnis H _T ' zu H _T ' _{zul}	63%	63%	63%	63%	42%	
Berechnung nach EnEV: Heizsystem (DIN V 4701-10 Anhang C)						
	BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, ohne Speicher, ohne Zirkulation	BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, ohne Speicher, ohne Zirkulation	BW-Kombitherme 55/45°C, im beheizten Bereich, mit Solaranlage, ohne Zirkulation	BW-Kombitherme 55/45°C, im beh. Ber., Solaranl., ohne Zirk., Lüftungsanl. mit WRG 80%	BW-Kombitherme 55/45°C, im beh. Ber., Solaranl., ohne Zirk., WRG 80% + EWT	
Jahresnutzungsgrad Heizsystem (Endenergie-bezogen, H _U)	82%	80%	101%	102%	104%	
	(HZ+WW)	(HZ+WW)	(HZ+WW)	(HZ+WW)	(HZ+WW)	
flächenspezif. Endenergiebedarf Q"	Erdgas 69,0	Erdgas 60,9	Erdgas 48,1	Erdgas 34,2	Erdgas 19,1	kWh/(m ² a)
	Strom 3,6	Strom 3,6	Strom 3,6	Strom 5,2	Strom 4,6	kWh/(m ² a)
flächenspezif. Primärenergiebedarf Q _p "	86,7	77,8	63,6	53,2	34,7	kWh/(m ² a)
Q _p " _{zul} (Hauptanforderung)	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	kWh/(m ² a)
Verhältnis Q _p " zu Q _p " _{zul}	72%	65%	53%	44%	29%	
Reduktion gegenüber EnEV-Grenzwert	-28%	-35%	-47%	-56%	-71%	
Primärenergie-Aufwandszahl	1,53	1,60	1,31	1,52	1,74	



Bild 10: Beispiel für die energetische Optimierung

Optimierung mit dem EnEV-Werkzeug

Bild 10 zeigt, wie weit durch eine stufenweise Optimierung des Gebäudes die EnEV-Grenzwerte unterschritten werden können. Die erste Spalte "NEH" zeigt wieder den baulichen Standard, in dem das Haus tatsächlich realisiert wurde. Während Bild 9 die Ergebnisse des vereinfachten Verfahrens wiedergibt, wurde in Bild 10 jedoch mit dem ebenfalls zulässigen Monatsbilanzverfahren gerechnet. Im Gegensatz zum "vereinfachten Verfahren" darf beim Monatsbilanzverfahren die Abluftanlage in Form eines reduzierten Luftwechsels berücksichtigt werden. Die genauere Berechnung und die Berücksichtigung der Abluftanlage liefert für das gleiche Haus einen um 7 kWh/(m²a) niedrigeren Primärenergiebedarf. Mit 87 kWh pro m² A_N liegt er jetzt um 28% unter den Grenzwerten der Verordnung.

Die weiteren Optimierungsstufen sind:

- Stufe 1: Es werden für alle Bauteilanschlüsse die **Wärmebrückenverlustkoeffizienten ... bestimmt**. Die Summe der Wärmebrückenverluste ergibt bei dem Beispiel gerade 0 W/K. Unvermeidliche konstruktive Wärmebrücken mit ...-Werten > 0 werden durch die negativen ...-Werte an den Gebäudekanten (bedingt durch die Verwendung von Außenmaßen) kompensiert. In [Borsch-Laaks/Kehl 2001] wurde gezeigt, dass dies generell für energetisch gut geplante Holzhäuser möglich ist. Der Primärenergiebedarf wird dadurch auf 78 kWh/(m²a) reduziert – **35% unter EnEV-Grenzwert**.
- Stufe 2: Durch den zusätzlichen Einbau einer **thermischen Solaranlage** wird der Primärenergiebedarf auf 64 kWh/(m²a) reduziert – **47% unter dem EnEV-Grenzwert**.
- Stufe 3: Der zusätzliche Einbau einer **Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung** senkt den Primärenergiebedarf auf 53 kWh/(m²a) – **56% unter dem EnEV-Grenzwert**.
- Stufe 4: Wird die **äquivalente Dämmstoffstärke auf 40 cm** erhöht und zusätzlich ein **Erdreichwärmetauscher** eingebaut, so erreicht dieses Gebäude Passivhaus-Qualität. Der Primärenergiebedarf sinkt auf 35 kWh/(m²a) – **71% unter dem EnEV-Grenzwert**.

Aufgrund der erreichten niedrigen Primärenergiekennwerte könnte für die Häuser der Optimierungsstufe 3 bzw. 4 ein zinsgünstiges Darlehen bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW-Energiesparhaus 60 bzw. 40) beantragt werden.

Die Randbedingungen der EnEV im Vergleich mit dem "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

Schon im Vorfeld der Einführung der Wärmeschutzverordnung 1995 haben wir auf die optimistischen Randbedingungen und die zu große Energiebezugsfläche hingewiesen [IWU 1992]. Wohl aus politischen Gründen wurden diese Punkte bei der jetzt vorgenommenen Novellierung nicht angetastet. Schließlich wären die auf dem Papier durch die EnEV erzielten Einsparungen dann nominal niedriger ausgefallen.

Die genannten Mängel sind für uns Grund genug – wie bereits 1995 so auch jetzt – an dem bewährten Werkzeug des Leitfadens Energiebewusste Gebäudeplanung [LEG 1989...99] bzw. seiner Umsetzung im Energiepass Heizung / Warmwasser [EPHW 1997] festzuhalten und den Einsatz als Optimierungswerkzeug zu propagieren. Obwohl bereits vor 12 Jahren eingeführt, ist dieses Verfahren im Grundsatz konform mit den neuen Normen DIN V 4108-6 und 4701-10, die der EnEV zu Grunde liegen. Die Unterschiede in den Randbedingungen zeigt Bild 11.

Vergleich der Randbedingungen für den Nachweis Neubau				
	DIN 4108-6:1995 bzw. WSchV 95	DIN 4108-6:2001 bzw. EnEV	LEG bzw. EPHW Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung [IWU 1989-1999] bzw. Energiepass Heizung / Warmwasser [IWU 1997]	PHPP Passivhaus- Projektierungs-Paket [PHI 1999]
Heizgrenze	12°C	10°C	12°C	12°C
Raum-Solltemp.	20°C	19°C	20°C	20°C
Reduktionsfaktor Nachtabsenkung	0,9	0,95	1,0	1,0
Gradtagszahl	84 kWh/a	69,6 kWh/a	84 kWh/a	84 kWh/a
effektiv (mit Nachtabs.)	75,6 kWh/a	66 kWh/a		
Luftwechsel	0,8 h ⁻¹	0,7 h ⁻¹ / 0,6 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	-
effektiv (Luftvolumen = 2,5m x Wohnfl.)	1,0 h ⁻¹	0,9 h ⁻¹ / 0,75 h ⁻¹		
Innere Wärmequellen	5 W/m ² (A _N)	5 W/m ² (A _N)	MFH: 3,2 W/m ² EFH: 2,5 W/m ² (A _{WF})	2,1 W/m ² (A _{WF})
effektiv (A _N = 1,25 x Wohnfl. A _{WF})	6,25 W/m ² (A _{WF})	6,25 W/m ² (A _{WF})		

Bild 11: Vergleich der Randbedingungen zwischen WSchV 95, EnEV, [LEG] und [PHPP]

Die EnEV und das Niedrigenergiehaus

Der Grenzwerte für den Heizwärmebedarf von Niedrigenergiehäusern liegt für Einfamilienhäuser bei 70, für Reihenhäuser bei 65 und für Mehrfamilienhäuser bei 55 kWh pro m² beheizte Wohnfläche [Feist 1989] [Feist 1997] [EPHW 1997] [IPH].² Langfristig ist aus Sicht von Klimaschutz und Ressourcenschonung im Neubau der Passivhaus-Standard einzig vertretbar. Daher stellt ein Heizwärmebedarf von 15 kWh pro m² den Zielwert für die energetische Optimierung von Niedrigenergiehäusern dar.

Schon im Energiepass Heizung / Warmwasser [EPHW 1997] wird eine Begrenzung des Primärenergieaufwands für Heizung und Warmwasserbereitung eingeführt – sie entspricht einer Anlagenaufwandszahl von 1,33. Daraus lässt sich ein max. Primärenergiebedarf für Niedrigenergiehäuser von 100 kWh für Heizung und Warmwasser pro m² Wohnfläche ableiten (Bild 12). Die einheitliche Anforderung an Wohngebäude unabhängig von deren Größe oder Kompaktheit stellt eine gewisse Form von Gleichberechtigung her, da im Grunde nicht zu rechtfertigen ist, dass bestimmte Gebäudegruppen bei gleicher funktionaler Anforderung (Wohnen) einen höheren Energieverbrauch zugestanden bekommen. Dieser Grundsatz wurde bisher in Deutschland erstmals beim Passivhaus-Standard realisiert, inzwischen auch beim Förderprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau „KfW-Energiesparhaus“.

Als Zielwert für den Primärenergiebedarf sollten 50 kWh pro m² Wohnfläche anvisiert werden. Dieser Standard entspricht etwa dem Standard des „KfW-Energiesparhaus 40“ bzw. dem Passivhaus mit effizienter Anlagentechnik nach [PHPP].

Anforderungen an Niedrigenergiehäuser				
Energiekennwerte nach LEG / EPHW*				
Gebäudetyp	Heizwärmebedarf		Primärenergie für Heizung und Warmwasser	
	Grenzwert	Zielwert	Grenzwert	Zielwert
Einfamilienhaus	70	→ 15		
Reihenhaus	65	→ 15	100	→ 50
Mehrfamilienhaus	55	→ 15		

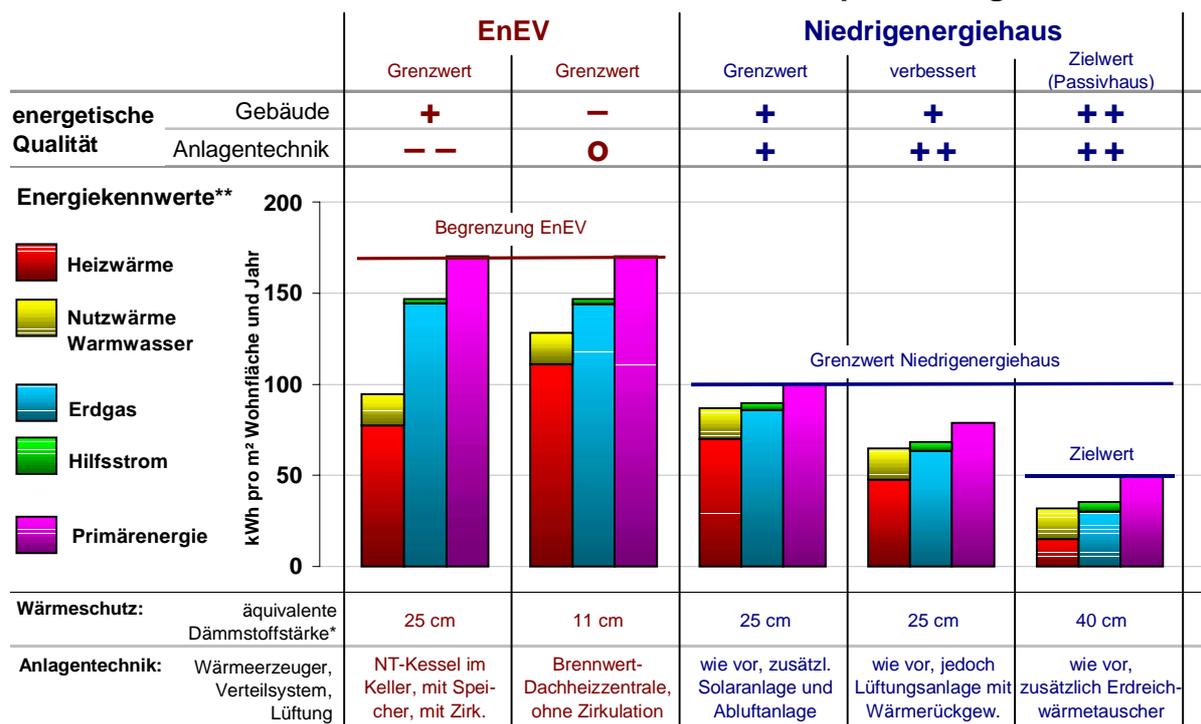
*) Werte in kWh pro m² Wohnfläche und Jahr
 berechnet nach "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung" bzw.
 "Energiepass Heizung/Warmwasser" (Heizgrenze 12°C / Raumtemp. 20°C) 

Bild 12

Bild 13 zeigt den Grenz- und Zielwert des Niedrigenergiehaus-Standards im Vergleich mit den Anforderungen der EnEV. Die beiden links im Bild dargestellten Varianten entsprechen den Berechnungsbeispielen für die Einhaltung der EnEV-Grenzwerte: Ein guter Wärmeschutz wird mit einer energetisch ineffizienten Anlage kombiniert, ein schlechter Wärmeschutz mit effizienter Technik. Die drei rechten Varianten sind identisch mit den Optimierungsstufen 2, 3 und 4 für den Niedrigenergiehaus- (bzw. Passivhaus-) Standard des Beispielgebäudes. Bei Einhaltung des Niedrigenergiehaus-Grenzwertes liegt der Primärenergiebedarf um über 40 %, bei Erreichen des Zielwertes (Passivhaus-Standard) um 70% unter dem der EnEV.

² Wie oben erwähnt liegen die Energiekennwerte nach EnEV erheblich niedriger (10 bis 50% - im Mittel ca. 30%) und sind daher mit den hier genannten wohnflächenbezogenen nicht direkt vergleichbar.

Beispiele für die Energiekennwerte von Einfamilienhäusern nach Grenzwert EnEV sowie als NEH mit zwei Optimierungsstufen



Annahmen für die Fenster: generell Wärmeschutzverglasung mit 2 Scheiben, beim Passivhaus 3 Scheiben im gedämmten Rahmen

*) Dämmstoffstärke (für WLG 040), die dem mittleren U-Wert der nicht-transparenten Bauteile entspricht

**) Raumtemperatur 20°C, Heizgrenze 12°C, bezogen auf reale Wohnfläche (nach LEG / EPHW)

Achtung: Energiekennwerte nach EnEV liegen nominal ca. 10 bis 50% niedriger



Bild 13: Energiekennwerte für ein Einfamilienhaus nach EnEV-Anforderungen, als Niedrigenergiehaus und als Passivhaus

Vom Energiebedarfsausweis zum Energiepass

In der Praxis sind Wohngebäude der genannten Qualität mit heute am Markt erhältlichen Komponenten realisierbar und ökonomisch vertretbar. Über 1000 in Deutschland bereits errichtete Passivhäuser belegen dies eindrucksvoll. Wichtig ist jedoch, dass die geplante Qualität tatsächlich auf der Baustelle realisiert wird. Qualitätssicherung ist daher bei diesem Standard unabdingbar. Die Dokumentation der energetischen Qualität und eine möglichst genaue Voraussage des Energieverbrauchs bei durchschnittlicher Nutzung sind Aufgaben des zukünftigen Energiepasses.

Der in Bild 14 abgebildete Energiepass wird als Ergänzung zum Energiebedarfsausweis vorgeschlagen. Die Berechnungen des Endenergiebedarfs und der Kennwerte für die Umweltwirkung (Primärenergiebedarf, CO₂) erfolgt für typische Nutzungsbedingungen und das regionale Klima. Als Ergänzung werden die Nachweisgrößen und Grenzwerte für den Niedrigenergiehaus-Standard und die EnEV aufgeführt. Darüber hinaus wird eine Klassifizierung mit einem Label vorgenommen, das sich an die EU-Richtlinie für Haushaltsgeräte anlehnt.

Der Energiebedarfsausweis bzw. Energiepass sollte durch folgende Unterlagen ergänzt werden:

- # U-Wert-Berechnung / ggf. aktualisiert / abgezeichnet durch Bauleiter
- # differenzierter Nachweis Wärmebrücken / ggf. aktualisiert / abgezeichnet durch Bauleiter
- # U-Wert-Nachweis des Fensterherstellers/-lieferanten
- # Messprotokoll Blowerdoor-Drucktest
- # Datenblatt Wärmeerzeuger des Herstellers + Angaben zu Wartungsintervallen
- # Protokoll über hydraulischen Abgleich Heizungsanlage
- # Datenblatt Lüftungsanlage (Ventilat., Wärmeübertr.) + Angaben zu Filterwechsel und Wartung
- # Protokoll über Luftmengenabgleich Lüftungsanlage

GEBÄUDE – ENERGIEPASS

Nachweis der energetischen Qualität

Entwurf

Datensatz	EFH Erbachtal/Elz Opti-Stufe 3
Variante	Hülle wie gebaut / Wärmebr.-optimiert; Brennwert + Solar + Lüftungsanl. ...
Klimadaten	Mannheim (Region 12)

Objekt
 Beispiel-Gebäude

Straße
 Hauptstraße

Hausnummer
 13

Postleitzahl Ort
 66666 Neustadt



Gebäudeart/-nutzung	EFH	Daten gemäß EnEV	
Anzahl Vollgeschosse	2,0	beheiztes Gebäudevolumen	494,0 m³
Anzahl Wohneinheiten	1	A/V-Verhältnis	0,784 1/m
beheizte Wohnfläche	133,2 m²	"Gebäudenutzfläche" A _N	158,1 m²

Endenergiebedarf

Energieträger (für Heizung und Warmwasser)	jährlicher Bedarf kWh/a
Erdgas	5323
Sonne	0
-	0
Hilfsenergie (Strom-Mix)	817

*) Objekt-Kennwert
 Flächenbezug: beheizte Wohnfläche
 für durchschnittliches Nutzerverhalten und Klima

Umweltwirkung

	Primärenergie* kWh/(m²a)	Kohlendioxid* (CO ₂ -Äquivalent) kg/(m²a)
Erdgas	44,0	10,8
Sonne	0,0	0,0
-	0,0	0,0
Hilfsenergie (Strom-Mix)	18,4	4,5
Summe	62,4	15,3

Der gesamte Primärenergieaufwand entspricht 831 Liter Heizöl pro Jahr.

Nachweis nach EnEV**

	Anforderung Neubau	relativ zur Anforderung
H _T '	0,31 $\frac{W}{m^2K}$	63%
Q _P '	120 $\frac{kWh}{m^2a}$	43%

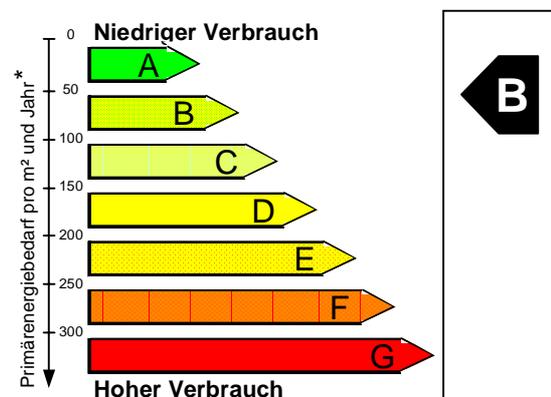
***) Flächenbezug: Gebäudenutzfläche A_N

Niedrigenergiehaus-Standard*

	Anforderung Neubau	relativ zur Anforderung
Gebäude-Kategorie	EFH	
Heizwärme-Kennwert"	41,7 $\frac{kWh}{m^2a}$	60%
Primärenergie-Kennwert**	62,4 $\frac{kWh}{m^2a}$	62%

*) Flächenbezug: beheizte Wohnfläche

Energetische Qualität



Energie-Pass Heizung/Warmwasser

Energiebilanz nach dem Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung - Version 2.0



Institut Wohnen und Umwelt, Januar 2002

Bild 14: Entwurf für den Gebäude-Energiepass

Literatur

- [Borsch-Laaks/Kehl 2001] Borsch-Laaks, Robert; Kehl, Daniel: **Die Nase vorn beim Wärmeschutz – Holzbaudetails ohne Wärmebrückenzuschläge**; in: Tagungsband der Fachtagung Holz 2001; Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.; Düsseldorf 2001
- [EPHW 1997] Loga, Tobias; Imkeller-Benjes, Ulrich: **Energiepaß Heizung/Warmwasser. Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem**; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1997
- [Feist 1994] Feist, W.: **Innere Gewinne werden überschätzt**; in: Sonnenenergie und Wärmetechnik 1/94
- [Feist et al. 1997] Feist, W.; Borsch-Laaks, R.; Werner, J.; Loga, T.; Ebel, W.: **Das Niedrigenergiehaus. Neuer Standard für energiebewußtes Bauen**; Heidelberg 1997
- [GERTEC 2001] **Elektrowärmepumpen und andere Heizsysteme für Niedrig-Energie-Wohngebäude**; Endbericht zu Phase I und II, im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums; GERTEC, Essen 2001
- [IPH] Impulsprogramm Hessen: **Energiekennwerte von Niedrigenergiehäusern**; im Internet unter www.impulsprogramm.de
- [IWU 1992] **Stellungnahme zum Referentenentwurf zur Wärmeschutzverordnung vom 27.5.1992**; IWU Darmstadt, Juli 1992
- [IWU 2001] Loga, T.; Diefenbach, N.; Born, R.: **Guter Ansatz - schwache Standards: die neue Energieeinsparverordnung**; Stellungnahme zum Referentenentwurf vom 29. November 2000 bzw. Kabinettsbeschluss vom 7. März 2001; IWU, Darmstadt März 2001; 63 S.
- [LEG 1989-1999] **Leitfaden Energiebewußte Gebäudeplanung**; Hrsg. Hessisches Umweltministerium; Wiesbaden 1989 / 93 / 95 / 99
- [Loga/Hinz 1998] Loga, Tobias; Hinz, Eberhard: **Novellierung von Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung - Chance für das energiesparende Bauen?** Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 8, 1998
- [PHPP] Feist, W.; Baffia, E.; Schnieders, J.: **Passivhaus Projektierungs Paket - Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser**; PHI, Darmstadt 1998
- [Loga/Diefenbach 2001] Loga, T.; Diefenbach, N.; Born, R.: **Guter Ansatz - schwache Standards: die neue Energieeinsparverordnung; Stellungnahme zum Referentenentwurf vom 29. November 2000 bzw. Kabinettsbeschluss vom 7. März 2001**; IWU, Darmstadt 2001