

**Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ – 2. Projektwelle
„Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung“
Kurzbericht**

Darmstadt, den 30.05.2005

Autor: Eberhard Hinz
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut Wohnen und Umwelt

1 Einleitung

Die 2. Projektwelle zum Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“ wurde am 2.5.2005 offiziell gestartet. Voraussetzung für die Teilnahme am Projekt ist die Erfüllung der im sogenannten Pflichtenheft definierten Anforderungen in Bezug auf die spezifischen Transmissionswärmeverluste H'_T und den Jahres-Primärenergiebedarf Q_P nach EnEV. Über diese beiden Kennzahlen werden im Pflichtenheft zwei energetische Standards definiert:

- Level A: Maßnahmen an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit
- Level B: Pilotprojekte mit innovativen Ansätzen

Zur Erfüllung dieser energetischen Standards werden deutlich unterschiedliche bauliche und anlagentechnische Maßnahmen erforderlich – mit entsprechend unterschiedlicher investiver Förderung. Für einen Investor sind jedoch die konkret erforderlichen baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen aus den im Pflichtenheft nicht zu erkennen.

Zielsetzung der Studie

Ziel der Studie ist es, auf Basis der vorgegebenen energetischen Standards (Level A und Level B) beispielhafte bau- und anlagentechnische Maßnahmenpakete zu entwickeln, mit denen die im Pflichtenheft definierten ‚abstrakten‘ Anforderungen erfüllt werden. Potentielle Investoren erhalten damit eine konkrete Vorstellung von den erforderlichen bau- und anlagentechnischen Maßnahmen als eine Entscheidungsbasis über eine Teilnahme am Projekt.

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 die Datensätze zu 6 Gebäuden aus der Gebäudetypologie Deutschland: 2 Einfamilienhäuser (EFH-D, EFH-G), 1 Reihenhäuser (RH-F), 1 Mehrfamilienhaus (MFH-D), 2 große Mehrfamilienhäuser (GMH-E, NBL-F).
- Für jedes Gebäude wurden vier verschiedene zentrale System zur Wärme- und Warmwassererzeugung mit dem Energieträger Erdgas H berechnet: Variante 1: Brennwertkessel, Variante 2: Brennwertkessel + Solarthermie zur Unterstützung der Warmwassererzeugung, Variante 3: BHKW, Variante 4: gasmotorische Wärmepumpe

Für die Einfamilienhäuser und das Reihenhäuser wurde mit einer Aufstellung der Systeme im beheizten Bereich gerechnet, bei größeren Gebäuden befinden sich die Systeme im unbeheizten Bereich.

- In Variante 2 wurde Solarthermie ausschließlich zur Unterstützung der Warmwasserversorgung eingesetzt. Der Deckungsanteil der Solarthermie liegt EnEV-konform je nach Gebäudetyp zwischen 59 % (EFH) und 47 % (GMFH). Abweichend von den EnEV-Vorgaben wurde bei den Mehrfamilienhäusern für Level B, Variante 2 mit 66 % Deckungsanteil Solarthermie gerechnet, um die Anforderungen an Q_P erfüllen zu können.

- Für die Variante 3 (BHKW) wurde mit einem Primärenergiefaktor $f_p = 0,7$ nach DIN V 4701-10 für KWK aus fossilen Brennstoffen gerechnet. Alle anderen Varianten wurden mit einem Primärenergiefaktor $f_p = 1,1$ nach DIN V 4701-10 für Erdgas H gerechnet.
- Bei der Variante 3 (BHKW) ist für sehr gut gedämmte Einfamilienhäuser / Reihenhäuser im Einzelfall der sinnvolle Einsatz entsprechender Kleinst-BHKW zu prüfen.
- Für die Variante 4 wurde eine monovalente gasmotorische Luft/Wasser-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser angenommen. Die Jahresarbeitszahl wurde nach Herstellerangaben für die Einfamilienhäuser / Reihenhäuser mit $\beta_{WP} = 1,2$ und für die großen Gebäude mit $\beta_{WP} = 1,4$ festgelegt. Für Einfamilienhäuser / Reihenhäuser sind entsprechende Systeme ab dem Frühjahr 2006 erhältlich, für Mehrfamilienhäuser sind die Anlagen bereits heute verfügbar.
- Die Berechnungen für die Varianten 1,2, und 3 sind EnEV-konform. Der Jahresprimärenergiebedarf Q_p für Variante 4 ist nach EnEV nicht zu berechnen. Bis Mitte Juli 2005 sollen daher Lösungen gefunden werden, um im Rahmen des Projektes dennoch den Nachweis nach EnEV führen zu können. Vermutlich werden dazu adäquate Ersatzsysteme für nach EnEV nicht berechenbare System definiert.
- In Variante 3 (BHKW) 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 Erdgas zur Stromerzeugung wurde nicht berücksichtigt. Dieser Ansatz ist nicht EnEV-konform, der nach DIN V 4108 berechnete Endenergiebedarf ist deutlich geringer. Der Nachweis in Bezug auf die erforderliche Unterschreitung von Q_p entsprechend dem Pflichtenheft wurde jedoch EnEV-konform geführt.

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 Wärmebrückenverlustkoeffizient 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, bei einem Gebäude über Fernwärme.

• Wärmebrücken

Bei allen Varianten muss ein besonderes Augenmerk auf die Vermeidung von Wärmebrücken gelegt werden. In Level A wird generell mit einem Wärmebrückenverlustkoeffizienten von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gerechnet. Dazu müssen Details nach DIN 4108, Beiblatt 2 ausgeführt werden. Level B erfordert in der Regel höhere Ansprüche an die Vermeidung von Wärmebrücken. Um mit den in den Hausdatenblättern angegebenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten den EnEV-Nachweis führen zu können, müssen die einzelnen Wärmebrücken explizit berechnet werden.

- **Luftdichtigkeit**

Zur Erfüllung der Anforderungen ist eine hohe Luftdichtigkeit der Gebäudehülle mit einer entsprechend sorgfältigen Planung und Ausführung erforderlich. Ein Drucktest ist beim Einsatz der Lüftungsanlagen unbedingt notwendig. Ein Luftwechsel von 1,0 pro Stunde bei 50 Pa sollte beim Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung nicht überschritten werden. Ohne erfolgreichen Drucktest wird in den untersuchten Beispielen der vorgegebene Primärenergiebedarf in der Regel nicht erreicht.

- **Level A**

Die für Level A erforderlichen Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes sind in der Regel ohne großen Aufwand wirtschaftlich zu erfüllen. Alle Gebäude können mit einer hochwertigen 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und einem entsprechend hochwertigen Rahmen saniert werden ($U_w = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Die Dämmdicken der Außenwände liegen zwischen 10 bis 15 cm, im Steildach zwischen 14 bis 16 cm, auf der obersten Geschossdecke zwischen 10 bis 20 cm und bei der Kellerdecke zwischen 6 bis 10 cm. Der Standard für den baulichen Wärmeschutz für Level A liegt so, dass Variante 2 (Brennwert + Solarthermie + Abluftanlage) die Anforderungen an den Jahresprimärenergiebedarf Q_p noch erfüllt. Bei den Varianten 1, 3 und 4 könnte der bauliche Wärmeschutz dagegen etwas schlechter ausgeführt werden, um die Anforderungen nach Level A zu erfüllen.

- **Level B**

Die für Level B erforderlichen Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes erfordern relativ hohen Aufwand. Abgesehen von einer Ausnahme müssen alle Gebäude mit einer passivhaustauglichen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung saniert werden. Die Dämmdicken der Außenwände liegen zwischen 18 bis 25 cm, im Steildach zwischen 20 bis 25 cm, auf der obersten Geschossdecke zwischen 20 bis 30 cm und bei der Kellerdecke zwischen 10 bis 15 cm. Sehr großer Wert muss auf die Vermeidung von Wärmebrücken gelegt werden, vor allem bei Variante 2: Der Wärmebrückenverlustkoeffizient muss hier trotz des guten baulichen Wärmeschutzes in der Regel bis auf $0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, d. h. auf das Niveau eines Passivhauses, reduziert werden.

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		Am Modellvorhaben "Niedrigenergiehaus im Bestand" können Eigentümer von Wohngebäuden teilnehmen, die sich verpflichten, ein Objekt nach den Maßgaben des sogenannten "Pflichtenheftes" zu sanieren. Darin werden unter anderem energetische Standards definiert, die nach § 3 Energieeinsparverordnung zu erfüllen sind: Level A: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 30 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 35 % Level B: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 50 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 55 % Alle dargestellten Varianten erreichen Level A bzw. Level B entsprechend den Anforderungen des Pflichtenheftes				
	"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		EFH-D						
IST		Level A				Level B			
-		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Heizung / Warmwasser	Konstanttemperaturkessel	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe
Thermische Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung	-	-		-	-	-		-	-
Lüftungsanlage: Kontrollierte Lüftung mit 60% Wärmerückgewinnung; gute Anlagen erreichen 80%  = Lüftungsanlage mit WRG vorhanden  = nur Abluftanlage	-								
Fenster	Isolierverglasung	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	-	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen
Außenwand	U = 0,93 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,19 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m²K) 20 cm Dämmung	-	U = 0,15 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m²K) 20 cm Dämmung
Steildach	U = 1,11 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 16 cm Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 16 cm Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 16 cm Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 16 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m²K) 25 cm Dämmung	-	U = 0,13 W/(m²K) 25 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m²K) 25 cm Dämmung
Kellerdecke	U = 1,01 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,37 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,37 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,37 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,37 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,26 W/(m²K) 10 cm Dämmung	-	U = 0,26 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,26 W/(m²K) 10 cm Dämmung
Wärmebrückenverlustkoeffizient	Eine Minimierung der Wärmebrückenverluste ist dringend zu empfehlen. Dies erfordert in jedem Einzelfall eine sorgfältige Planung und Ausführung. Für Level A genügt die Ausführung entsprechend DIN 4108-6. Für Level B ist in der Regel ein rechnerischer Nachweis erforderlich.								
	0,10 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,03 W/(m²K)	-	0,03 W/(m²K)	0,013 W/(m²K)
Luftdichtigkeit	Die Erreichung einer hohen Luftdichtigkeit ist notwendig. Dazu ist eine sorgfältige Planung und Ausführung erforderlich. Ein Drucktest ist dringend zu empfehlen, bei Einsatz einer Lüftungsanlage ist er unbedingt notwendig. Dabei wird der stündliche Luftaustausch (bezogen auf das beheizte Luftvolumen) bei 50 Pascal Druckdifferenz ermittelt. Beim Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sollte ein Wert von 1,0 pro Stunde nicht überschritten werden. Ohne erfolgreichen Drucktest wird in den untersuchten Beispielen der vorgegebene Primärenergiebedarf in der Regel nicht erreicht.								
Unterschreitung der zul. spezifischen Transmissionswärmeverluste H _T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	35%	35%	35%	35%	56%	Die Anforderungen an H _T und Q _p sind mit dem gewählten Versorgungssystem nur mit extrem hohem Aufwand zu erfüllen	56%	60%
Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs Q _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	40%	33%	47%	37%	51%		55%	50%
Bedarf Erdgas für Heizung & Warmwasser <small>ohne Hilfsenergie Strom, ohne Stromgutschrift KWK bezogen auf die m² Wohnfläche, bezogen auf H_u</small>	-	74 kWh/(m²a)	76 kWh/(m²a)	142 kWh/(m²a)	65 kWh/(m²a) ohne Kühlung	67 kWh/(m²a)		128 kWh/(m²a)	58 kWh/(m²a) ohne Kühlung
- Die Untersuchung wurde vom Institut Wohnen und Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierende Berechnung wurde die Software EnEv-XL verwendet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle Planung. In den Beispielen wurde generell mit einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,035 W/(mK) gerechnet.									
- Die Berechnungen zu den Varianten 1 bis 3 sind EnEV-konform. Beim Einzelmaßnachweis nach EnEV mit produktspezifischen Kennwerten für anlagentechnische Komponenten sind in der Regel bessere Werte in Bezug auf Q _p zu erzielen. Ein solcher Einzelnachweis ist insbesondere bei den hohen Anforderungen in Level B zu empfehlen.									
- Die Variante 4 (gasmotorische Wärmepumpe) ist nach EnEV nicht zu berechnen. Für das Projekt "Niedrigenergiehaus im Bestand" sollen für nach EnEV nicht zu berechnende Systeme (vermutlich) adäquate Ersatzsysteme definiert werden, mit denen der Nachweis zu führen ist.									



"Niedrigenergiehaus im Bestand" - Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung								
beheiztes Bauwerksvolumen	647 m ³		Am Modellvorhaben "Niedrigenergiehaus im Bestand" können Eigentümer von Wohngebäuden teilnehmen, die sich verpflichten, ein Objekt nach den Maßgaben des sogenannten "Pflichtenheftes" zu sanieren. Darin werden unter anderem energetische Standards definiert, die nach § 3 Energieeinsparverordnung zu erfüllen sind: Level A: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 30 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 35 % Level B: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 50 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 55 % Alle dargestellten Varianten erreichen Level A bzw. Level B entsprechend den Anforderungen des Pflichtenhefts					
"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV	207 m ²							
Wohnfläche (nach II. BV)	196 m ²							
Verhältnis Oberfläche/Volumen (A/V)	0,576							
Einfamilienhaus, Baualtersklasse	1979 - 1983							
Zuordnung Gebäudetyp. Deutschland	EFH-G							
IST	Level A				Level B			
-	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Konstanttemperaturkessel	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe
-			-	-	-		-	-
-								
Isolierverglasung	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 0,85 W/(m ² K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m ² K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m ² K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m ² K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen
U = 0,80 W/(m ² K) keine Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m ² K) 20 cm Dämmung
U = 0,43 W/(m ² K) keine Dämmung	U = 0,17 W/(m ² K) 14 cm Dämmung	U = 0,17 W/(m ² K) 14 cm Dämmung	U = 0,17 W/(m ² K) 14 cm Dämmung	U = 0,17 W/(m ² K) 14 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m ² K) 20 cm Dämmung
U = 0,81 W/(m ² K) keine Dämmung	U = 0,34 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,34 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,34 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,34 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m ² K) 10 cm Dämmung
Eine Minimierung der Wärmebrückenverluste ist dringend zu empfehlen. Dies erfordert in jedem Einzelfall eine sorgfältige Planung und Ausführung. Für Level A genügt die Ausführung entsprechend DIN 4108-6. Für Level B ist in der Regel ein rechnerischer Nachweis erforderlich.								
0,10 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,013 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,02 W/(m ² K)
Die Erreichung einer hohen Luftdichtheit ist notwendig. Dazu ist eine sorgfältige Planung und Ausführung erforderlich. Ein Drucktest ist dringend zu empfehlen, bei Einsatz einer Lüftungsanlage ist er unbedingt notwendig. Dabei wird der stündliche Luftaustausch (bezogen auf das beheizte Luftvolumen) bei 50 Pascal Druckdifferenz ermittelt. Beim Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sollte ein Wert von 1,0 pro Stunde nicht überschritten werden. Ohne erfolgreichen Drucktest wird in den untersuchten Beispielen der vorgegebene Primärenergiebedarf in der Regel nicht erreicht.								
-	39%	39%	39%	39%	57%	63%	57%	62%
-	40%	33%	46%	39%	53%	50%	54%	50%
-	65 kWh/(m ² a)	57 kWh/(m ² a)	126 kWh/(m ² a)	57 kWh/(m ² a) ohne Kühlung	54 kWh/(m ² a)	46 kWh/(m ² a)	106 kWh/(m ² a)	48 kWh/(m ² a) ohne Kühlung
Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierende Berechnung wurde die Software EnEv-XL verwendet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,035 W/(mK) gerechnet.								
EnEV-konform. Beim Einzelmaßnachweis nach EnEV mit produktspezifischen Kennwerten für anlagentechnische Komponenten sind in der Regel bessere Werte in Bezug auf Q _p zu erzielen. Ein Nachweis der Anforderungen in Level B zu empfehlen.								
Für das Projekt "Niedrigenergiehaus im Bestand" sollen für nach EnEV nicht zu berechnende Systeme (vermutlich) adäquate Ersatzsysteme definiert werden, mit								

	"Niedrigenergiehaus im Bestand" - Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung								
	beheiztes Bauwerksvolumen		1919 m ³		Am Modellvorhaben "Niedrigenergiehaus im Bestand" können Eigentümer von Wohngebäuden teilnehmen, die sich verpflichten, ein Objekt nach den Maßgaben des sogenannten "Pflichtenheftes" zu sanieren. Darin werden unter anderem energetische Standards definiert, die nach § 3 Energieeinsparverordnung zu erfüllen sind: Level A: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 30 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 35 % Level B: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 50 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 55 % Alle dargestellten Varianten erreichen Level A bzw. Level B entsprechend den Anforderungen des Pflichtenhefts				
	"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV		614 m ²						
	Wohnfläche (nach II. BV)		575 m ²						
	Verhältnis Oberfläche/Volumen (A/V)		0,66						
	Mehrfamilienhaus, Baualtersklasse		1949 - 1957						
	Zuordnung Gebäudetyp. Deutschland		MFH-D						
IST		Level A				Level B			
-		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Heizung / Warmwasser	Konstanttemperaturkessel	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe
Thermische Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung	-	-		-	-	-		-	-
Lüftungsanlage: Kontrollierte Lüftung mit 60% Wärmerückgewinnung; gute Anlagen erreichen 80%  = Lüftungsanlage mit WRG vorhanden  = nur Abluftanlage	-								
Fenster	Isolierverglasung	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen
Außenwand	U = 1,44 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m²K) 25 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m²K) 20 cm Dämmung
oberste Geschoßdecke	U = 1,17 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,19 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,11 W/(m²K) 30 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung
Kellerdecke	U = 1,65 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,43 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,29 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,43 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,43 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,29 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,29 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,29 W/(m²K) 10 cm Dämmung
Wärmebrückenverlustkoeffizient	Eine Minimierung der Wärmebrückenverluste ist dringend zu empfehlen. Dies erfordert in jedem Einzelfall eine sorgfältige Planung und Ausführung. Für Level A genügt die Ausführung entsprechend DIN 4108-6. Für Level B ist in der Regel ein rechnerischer Nachweis erforderlich.								
	0,10 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,04 W/(m²K)	0,01 W/(m²K)	0,04 W/(m²K)	0,03 W/(m²K)
Luftdichtigkeit	Die Erreichung einer hohen Luftdichtigkeit ist notwendig. Dazu ist eine sorgfältige Planung und Ausführung erforderlich. Ein Drucktest ist dringend zu empfehlen, bei Einsatz einer Lüftungsanlage ist er unbedingt notwendig. Dabei wird der stündliche Luftaustausch (bezogen auf das beheizte Luftvolumen) bei 50 Pascal Druckdifferenz ermittelt. Beim Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sollte ein Wert von 1,0 pro Stunde nicht überschritten werden. Ohne erfolgreichen Drucktest wird in den untersuchten Beispielen der vorgegebene Primärenergiebedarf in der Regel nicht erreicht.								
Unterschreitung der zul. spezifischen Tranmissionswärmeverluste H _T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	38%	54%	38%	38%	56%	67%	56%	58%
Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs Q _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	38%	35%	42%	36%	51%	51%	50%	50%
Bedarf Erdgas für Heizung & Warmwasser <small>ohne Hilfsenergie Strom, ohne Stromgutschrift KWK bezogen auf die m² Wohnfläche, bezogen auf H_u</small>	-	70 kWh/(m²a)	59 kWh/(m²a)	101 kWh/(m²a)	60 kWh/(m²a) ohne Kühlung	58 kWh/(m²a)	47 kWh/(m²a)	127 kWh/(m²a)	49 kWh/(m²a) ohne Kühlung
- Die Untersuchung wurde vom Institut Wohnen und Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierende Berechnung wurde die Software EnEV-XL verwendet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle Planung. In den Beispielen wurde generell mit einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,035 W/(mK) gerechnet.									
- Die Berechnungen zu den Varianten 1 bis 3 sind EnEV-konform. Beim Einzelaßnachweis nach EnEV mit produktspezifischen Kennwerten für anlagentechnische Komponenten sind in der Regel bessere Werte in Bezug auf Q_p zu erzielen. Ein solcher Einzelnachweis ist insbesondere bei den hohen Anforderungen in Level B zu empfehlen.									
- Die Variante 4 (gasmotorische Wärmepumpe) ist nach EnEV nicht zu berechnen. Für das Projekt "Niedrigenergiehaus im Bestand" sollen für nach EnEV nicht zu berechnende Systeme (vermutlich) adäquate Ersatzsysteme definiert werden, mit denen der Nachweis zu führen ist.									

	"Niedrigenergiehaus im Bestand" - Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung								
	beheiztes Bauwerksvolumen		13165 m³		Am Modellvorhaben "Niedrigenergiehaus im Bestand" können Eigentümer von Wohngebäuden teilnehmen, die sich verpflichten, ein Objekt nach den Maßgaben des sogenannten "Pflichtenheftes" zu sanieren. Darin werden unter anderem energetische Standards definiert, die nach § 3 Energieeinsparverordnung zu erfüllen sind: Level A: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 30 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 35 % Level B: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 50 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 55 % Alle dargestellten Varianten erreichen Level A bzw. Level B entsprechend den Anforderungen des Pflichtenheftes				
	"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV		4213 m²						
	Wohnfläche (nach II. BV)		3534 m²						
	Verhältnis Oberfläche/Volumen (A/V)		0,37						
	gr. Mehrfamilienhaus, Baualterklasse		1958 - 1968						
	Zuordnung Gebäudetyp. Deutschland		GMH-E						
IST		Level A				Level B			
-		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Heizung / Warmwasser	Konstanttemperaturkessel	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe
Thermische Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung	-	-		-	-	-		-	-
Lüftungsanlage: Kontrollierte Lüftung mit 60% Wärmerückgewinnung; gute Anlagen erreichen 80%  = Lüftungsanlage mit WRG vorhanden  = nur Abluftanlage	-								
Fenster	Einfachverglasung	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m²K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m²K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen
Außenwand	U = 1,30 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,24 W/(m²K) 12 cm Dämmung	U = 0,20 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m²K) 12 cm Dämmung	U = 0,24 W/(m²K) 12 cm Dämmung	U = 0,17 W/(m²K) 18 cm Dämmung	U = 0,13 W/(m²K) 25 cm Dämmung	U = 0,17 W/(m²K) 18 cm Dämmung	U = 0,17 W/(m²K) 18 cm Dämmung
oberste Geschoßdecke	U = 0,82 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,25 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,25 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,25 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,10 W/(m²K) 30 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung	U = 0,14 W/(m²K) 20 cm Dämmung
Kellerdecke	U = 0,85 W/(m²K) keine Dämmung	U = 0,35 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,35 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,35 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,35 W/(m²K) 6 cm Dämmung	U = 0,29 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,18 W/(m²K) 15 cm Dämmung	U = 0,29 W/(m²K) 10 cm Dämmung	U = 0,29 W/(m²K) 10 cm Dämmung
Wärmebrückenverlustkoeffizient	Eine Minimierung der Wärmebrückenverluste ist dringend zu empfehlen. Dies erfordert in jedem Einzelfall eine sorgfältige Planung und Ausführung. Für Level A genügt die Ausführung entsprechend DIN 4108-6. Für Level B ist in der Regel ein rechnerischer Nachweis erforderlich.								
	0,10 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,05 W/(m²K)	0,01 W/(m²K)	0,04 W/(m²K)	0,02 W/(m²K)
Luftdichtigkeit	Die Erreichung einer hohen Luftdichtigkeit ist notwendig. Dazu ist eine sorgfältige Planung und Ausführung erforderlich. Ein Drucktest ist dringend zu empfehlen, bei Einsatz einer Lüftungsanlage ist er unbedingt notwendig. Dabei wird der stündliche Luftaustausch (bezogen auf das beheizte Luftvolumen) bei 50 Pascal Druckdifferenz ermittelt. Beim Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sollte ein Wert von 1,0 pro Stunde nicht überschritten werden. Ohne erfolgreichen Drucktest wird in den untersuchten Beispielen der vorgegebene Primärenergiebedarf in der Regel nicht erreicht.								
Unterschreitung der zul. spezifischen Tranmissionswärmeverluste H _T nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	39%	44%	39%	39%	57%	67%	58%	61%
Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs Q _p nach EnEV für einen konv. beheizten Neubau	-	45%	30%	41%	39%	55%	50%	50%	50%
Bedarf Erdgas für Heizung & Warmwasser <small>ohne Hilfsenergie Strom, ohne Stromgutschrift KWK bezogen auf die m² Wohnfläche, bezogen auf H_u</small>	-	59 kWh/(m²a)	59 kWh/(m²a)	134 kWh/(m²a)	52 kWh/(m²a) ohne Kühlung	49 kWh/(m²a)	45 kWh/(m²a)	118 kWh/(m²a)	45 kWh/(m²a) ohne Kühlung
- Die Untersuchung wurde vom Institut Wohnen und Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierende Berechnung wurde die Software EnEV-XL verwendet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle Planung. In den Beispielen wurde generell mit einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,035 W/(mK) gerechnet.									
- Die Berechnungen zu den Varianten 1 bis 3 sind EnEV-konform. Beim Einzelmaßnachweis nach EnEV mit produktspezifischen Kennwerten für anlagentechnische Komponenten sind in der Regel bessere Werte in Bezug auf Q_p zu erzielen. Ein solcher Einzelnachweis ist insbesondere bei den hohen Anforderungen in Level B zu empfehlen.									
- Die Variante 4 (gasmotorische Wärmepumpe) ist nach EnEV nicht zu berechnen. Für das Projekt "Niedrigenergiehaus im Bestand" sollen für nach EnEV nicht zu berechnende Systeme (vermutlich) adäquate Ersatzsysteme definiert werden, mit denen der Nachweis zu führen ist.									



"Niedrigenergiehaus im Bestand" - Modernisierungsvarianten für Gebäude mit zentraler Erdgasversorgung								
beheiztes Bauwerksvolumen	10159 m ³		Am Modellvorhaben "Niedrigenergiehaus im Bestand" können Eigentümer von Wohngebäuden teilnehmen, die sich verpflichten, ein Objekt nach den Maßgaben des sogenannten "Pflichtenheftes" zu sanieren. Darin werden unter anderem energetische Standards definiert, die nach § 3 Energieeinsparverordnung zu erfüllen sind: Level A: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 30 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 35 % Level B: Unterschreitung des zul. Jahresprimärenergiebedarfs um 50 %, der zul. spez. Transmissionswärmeverluste um 55 % Alle dargestellten Varianten erreichen Level A bzw. Level B entsprechend den Anforderungen des Pflichtenhefts					
"Gebäudenutzfläche" A _N nach EnEV	3251 m ²							
Wohnfläche (nach II. BV)	2825 m ²							
Verhältnis Oberfläche/Volumen (A/V)	0,32							
gr. Mehrfamilienhaus, Baualtersklasse	1970 - 1980							
Zuordnung Gebäudetyp. Deutschland	NBL-F							
IST	Level A				Level B			
-	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Fernwärme	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe	Brennwertkessel	Brennwertkessel	BHKW	gasmotorische Wärmepumpe
-			-	-	-		-	-
-								
Einfachverglasung	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 1,30 W/(m ² K) hochwertige 2-Scheiben-WSV	U _w = 0,85 W/(m ² K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m ² K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen	U _w = 0,85 W/(m ² K) 3-Scheiben-WSV gedäm. Rahmen
U = 0,88 W/(m ² K) keine Dämmung	U = 0,18 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,18 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,18 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,18 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,12 W/(m ² K) 25 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m ² K) 20 cm Dämmung	U = 0,15 W/(m ² K) 20 cm Dämmung
U = 0,97 W/(m ² K) keine Dämmung	U = 0,19 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,12 W/(m ² K) 25 cm Dämmung	U = 0,10 W/(m ² K) 30 cm Dämmung	U = 0,12 W/(m ² K) 25 cm Dämmung	U = 0,12 W/(m ² K) 25 cm Dämmung
U = 1,01 W/(m ² K) keine Dämmung	U = 0,37 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,37 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,37 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,37 W/(m ² K) 6 cm Dämmung	U = 0,26 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,19 W/(m ² K) 15 cm Dämmung	U = 0,26 W/(m ² K) 10 cm Dämmung	U = 0,26 W/(m ² K) 10 cm Dämmung
Eine Minimierung der Wärmebrückenverluste ist dringend zu empfehlen. Dies erfordert in jedem Einzelfall eine sorgfältige Planung und Ausführung. Für Level A genügt die Ausführung entsprechend DIN 4108-6. Für Level B ist in der Regel ein rechnerischer Nachweis erforderlich.								
0,10 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,01 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)	0,05 W/(m ² K)
Die Erreichung einer hohen Luftdichtheit ist notwendig. Dazu ist eine sorgfältige Planung und Ausführung erforderlich. Ein Drucktest ist dringend zu empfehlen, bei Einsatz einer Lüftungsanlage ist er unbedingt notwendig. Dabei wird der stündliche Luftaustausch (bezogen auf das beheizte Luftvolumen) bei 50 Pascal Druckdifferenz ermittelt. Beim Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sollte ein Wert von 1,0 pro Stunde nicht überschritten werden. Ohne erfolgreichen Drucktest wird in den untersuchten Beispielen der vorgegebene Primärenergiebedarf in der Regel nicht erreicht.								
-	49%	49%	49%	49%	56%	71%	62%	62%
-	52%	32%	46%	44%	57%	50%	51%	50%
-	49 kWh/(m ² a)	53 kWh/(m ² a)	116 kWh/(m ² a)	45 kWh/(m ² a) ohne Kühlung	45 kWh/(m ² a)	44 kWh/(m ² a)	105 kWh/(m ² a)	40 kWh/(m ² a) ohne Kühlung
Umwelt / BGW durchgeführt. Für die auf DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierende Berechnung wurde die Software EnEV-XL verwendet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,035 W/(mK) gerechnet.								
EnEV-konform. Beim Einzelmaßnachweis nach EnEV mit produktspezifischen Kennwerten für anlagentechnische Komponenten sind in der Regel bessere Werte in Bezug auf Q _p zu erzielen. Ein Nachweis der Anforderungen in Level B zu empfehlen.								
Für das Projekt "Niedrigenergiehaus im Bestand" sollen für nach EnEV nicht zu berechnende Systeme (vermutlich) adäquate Ersatzsysteme definiert werden, mit								