

# Energieberatungsbericht zur sparsamen Energieverwendung in Wohngebäuden vor Ort



Beratungsobjekt: freistehendes Mehrfamilienhaus

Auftraggeber: XXX

Erstellt von: Dipl.-Ing. Karl-Heinz Groß  
Architekt  
Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (TÜV)  
Gebäudeenergieberater  
BAFA Beraternummer 1341093

Erstellt am: XXX



.....  
Unterschrift/Stempel

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>2. Grundlagen der Berechnung</b>	<b>4</b>
<b>3. Hinweis</b>	<b>4</b>
<b>4. Wichtige Begriffe</b>	<b>5</b>
<b>5. Allgemeine Angaben zum Gebäude</b>	<b>5</b>
<b>6. Ist-Zustand des Gebäudes</b>	<b>6</b>
6.1 Gebäudehülle	6
6.2 Anlagentechnik	9
6.3 Energiebilanz	10
6.4 Verbrauchsdaten	11
<b>6.5 Bewertung Ist-Zustand</b>	<b>12</b>
6.5.1 Bewertung des Gebäudes	12
6.5.2 Umweltbelastung	12
<b>7. Heizlastberechnung</b>	<b>13</b>
<b>8. Beurteilung der Heizlast</b>	<b>14</b>
<b>9. Heizungsanlage und Warmwassererzeugung</b>	<b>14</b>
9.1 Heizungsanlage	14
9.2 Warmwasserbedarf	14
<b>11. Fazit</b>	<b>15</b>
<b>11. Verbesserungsvorschläge</b>	<b>15</b>
11.1 Vorgehensweise und Randdaten	15
11.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung	16
11.3 Erläuterung des Berechnungsverfahrens	17
11.4 Anforderungen der EnEV an die Gebäudesanierung	18
<b>12. Dämmmaßnahmen Gebäudehülle</b>	<b>19</b>
12.1 Dämmung Kellerdecke	19
12.2 Fassadendämmung ohne Fenster	20
12.3 Fassadendämmung plus Fenster	21
12.4 Fassaden- und Dachdämmung	22
<b>13. Vergleich der Sanierungs-Varianten Gebäudehülle</b>	<b>23</b>
<b>14. Einsatz Brennwertkessel</b>	<b>25</b>
14.1 mit Fassadendämmung	25
14.2 mit Fassadendämmung und Solarunterstützung	26
14.3 mit Fassaden-, Dachdämmung	27
14.4 mit Fassaden-, Dachdämmung und Solarunterstützung	28

<b>16. Vergleich der Sanierungs-Varianten Einsatz Brennwertkessel</b>	<b>31</b>
<b>17. Einsatz Pelletskessel</b>	<b>31</b>
17.1 mit Fassadendämmung	31
17.2 mit Fassadendämmung und Solarunterstützung	32
17.3 mit Fassaden-, Dachdämmung	33
17.4 mit Fassaden-, Dachdämmung und Solarunterstützung	34
<b>18. Vergleich der Sanierungs-Varianten Einsatz Brennwertkessel</b>	<b>35</b>
<b>19. Vorschlag der geeigneten Maßnahmen</b>	<b>37</b>
<b>20. Nächste Schritte</b>	<b>38</b>
<b>21. Hinweise zu Förderprogrammen</b>	<b>39</b>
21.1 Einige Fördermaßnahmen im Auszug	39
<b>22. Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>40</b>
22.1 Dämmmaßnahmen Gebäudehülle	41
22.2 Einsatz Brennwertkessel	43
22.3 mit Fassaden-, Dachdämmung	45
<b>23. Anhang - Glossar</b>	<b>47</b>

## 1 Aufgabenstellung

Der vorliegende Energieberatungsbericht beschreibt, durch welche Maßnahmen an Ihrem Gebäude wie viel Energie, Energiekosten und CO<sub>2</sub> eingespart werden können und in welchem Umfang diese Maßnahmen wirtschaftlich sind. Die zugehörigen Berechnungen (Energiebilanzen, Wirtschaftlichkeitsberechnungen) werden unter weitgehend realistischen Randdaten (Nutzer, Klima, Kosten usw.) durchgeführt, so dass sie für die Zukunft repräsentativ sind.

Dabei werden sowohl Umweltgesichtspunkte als auch Nutzerverhalten sowie Behaglichkeits- und Komfortansprüche berücksichtigt.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sollen den technischen Mindestanforderungen des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogrammes der KfW entsprechen, damit zur Realisierung der Maßnahmen evtl. eine Förderung in Anspruch genommen werden kann.

Der Bericht ist nach den Vorgaben der BAFA-Richtlinien einer Vor-Ort-Beratung verfasst.

## 2 Grundlagen der Berechnung

Es wurden zur Verfügung gestellt:

- Bestandspläne von 1977
- Verbrauchsdaten der letzten 3 Jahre

Darüber hinaus wurden im Rahmen einer Begehung weitere Informationen zur Nutzung, zum Zustand der Gebäudehülle (insbesondere der U-Werte) und der Anlagentechnik gewonnen.

Für die Berechnung kam das Programm „Der Energieberater“ von Hottgenroth zum Einsatz.

## 3 Hinweis

Der Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen und gewissen aufgrund der verfügbaren Daten erstellt.

Alle in diesem Bericht getätigten Aussagen zur Energieeinsparung beruhen auf Berechnungen und Prognosen, d.h., theoretischen Energiebilanzen, bei denen u.a. zum Nutzerverhalten und zu anderen, nicht genau bekannten Größen sinnvolle Annahmen getroffen werden müssen. Diese Annahmen wurden mit Sorgfalt getroffen und wurden anhand der bekannten Energieverbrauchs-werte des jetzigen Gebäudezustandes kritisch geprüft. Dennoch sind die berechneten Energie-einsparungen nur Näherungen.

Die Randdaten der Wirtschaftlichkeit sind ebenfalls gewissenhaft, weder zugunsten noch zuun-gunsten einer Investition gewählt. Insbesondere bei den Investitionskosten handelt es sich um Schätzkosten, wie sie im Rahmen einer Energieberatung üblich sind.

Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in Ihrer Verantwortung. Sie soll-ten, insbesondere bei bedeutenden Investitionen in Baumaßnahmen und Heizungsanlagen immer mehrere Vergleichsangebote von Fachfirmen einholen und kritisch prüfen. Der Beratungsbericht ist kein Ersatz für eine Ausführungsplanung. Um Fehler zu vermeiden und eine fachgerechte Aus-führung sicher zu stellen, sollten Sie für die Umsetzung einen Fachplaner (Architekten oder Inge-nieur) hinzuziehen. Eine Bauüberwachung ist besonders bei der Zielsetzung „EnEV-Neubau-Niveau“ oder besser sinnvoll.

Sollten Sie noch Fragen zum Beratungsbericht haben, so stehen wir Ihnen selbstverständlich je-derzeit zur Verfügung.

## 4 Wichtige Begriffe

Folgende wichtige Begriffe, die Sie im Bericht immer wieder finden, werden im Anhang unter Kapitel Glossar erläutert:

Energiebilanz  
Energiebedarf  
Jahres-Primärenergiebedarf  
Endenergiebedarf  
Nutzenergie  
Verbrauch und Bedarf  
Transmissionswärmeverluste  $Q_T$   
Lüftungswärmeverluste  $Q_V$   
Trinkwassererwärmung  
U-Wert (früher k-Wert)  
Solare Wärmegewinne  $Q_S$   
Interne Wärmegewinne  $Q_i$   
Anlagenverluste  
Wärmebrücken  
Gebäudevolumen  $V_e$   
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A (Hüllfläche)  
Kompaktheit A/V  
Gebäudenutzfläche  $A_N$

## 5 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Die Beratung erfolgt für das freistehende Mehrfamilienhaus XXX

Bei dem Gebäude (Baujahr 1979) handelt es sich um ein in massiver Bauweise (Vollziegel) errichtetes zweigeschossiges Gebäude mit 6 Wohneinheiten, welches voll unterkellert ist. Das Gebäude ist mit einem Satteldach ausgestattet. Das Dachgeschoß ist ausgebaut.

Der First ist in Ost-West-Richtung ausgerichtet.

Die Fenster wurden nicht erneuert. Es sind Kunststofffenster mit Isolierverglasung.

Das Gebäude wird z.Zt. von 3 Personen im Alter von 70-80 Jahren in 2 Wohneinheiten bewohnt.

Der beheizte Bereich des Gebäudes ist eingeschlossen von:

- der Kellerdecke als untere Abgrenzung
- den Dachschrägen und Gauben des ausgebauten Daches
- der Spitzbodenfläche als oberste Geschossdecke
- den Außenwänden, Fenstern und Außentüren nach außen

Die Raumwärmeversorgung erfolgt über eine Zentralheizung, deren Wärmeerzeuger (Gas-Niedertemperaturkessel, Baujahr ca. 1998) mit einem Gebläse-Brenner betrieben wird, der im Keller untergebracht ist.

**Das beheizte Volumen  $V_e$  beträgt: 2.497 m<sup>3</sup>**

Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt.

**Das Luftvolumen  $V_L$  beträgt: 1.998 m<sup>3</sup>**

**Das Gebäude hat eine beheizte Fläche  $A_n$  von: 799 m<sup>2</sup>**

Die Bezugsfläche  $A_N$  in m<sup>2</sup> wird nach EnEV aus dem Volumen des Gebäudes (0,32 x Volumen) ermittelt. Dadurch unterscheidet sich die Bezugsfläche im Allgemeinen von der tatsächlichen Wohnfläche.

Diese theoretische Gebäudenutzfläche ( $A_N$ ) wird im Rahmen von Bewertungen von Wohngebäuden gemäß der Energieeinsparverordnung (EnEV) immer als Maßstab herangezogen, um auch eine Vergleichbarkeit von Immobilien mit unterschiedlichen Geschosshöhen zu erhalten.

**Als Art der Lüftung liegt zugrunde:**

Das Gebäude wird mittels Fensterlüftung belüftet.

Lüftung findet in jedem Gebäude zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste finden im Wesentlichen durch Fenster- und Türfugen bzw. -Schwellen statt. Aber auch Mauerwerk, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen. Im vorliegenden Bericht wurde dies berücksichtigt durch Einschätzung der Fugendichtigkeit.

Ein gewisses Maß an Lüftung ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig, da Menschen und Pflanzen atmen und dazu Sauerstoff benötigen (siehe dazu ggf. Anmerkungen im Anhang). Feuchtigkeit muss abgeführt werden, um Schimmelbildung abzuwehren. Vermehrt in modernen Baustoffen, Kunststoffen, Belägen, Fasern etc. auftretende Schadstoffe müssen ebenso abgeführt werden. Notwendig ist daher eine Mindest-Luftwechselrate von 0,3 (Austausch der gesamten Luft in 3,3 Stunden). Ist eine Lüftungsanlage (mechanische Lüftung) vorhanden, so wird die Rate exakt dimensioniert und hier so berücksichtigt. Im Falle der manuellen Lüftung wurde auch dieser Wert aufgrund Ihrer Angaben eingeschätzt.

Die Lüftung erfolgt im gesamten Objekt natürlich über Kipp- und Stoßlüftung der Fenster. Dabei wurde mit einem Luftwechsel von 0,70 pro Stunde gerechnet.

**Die Kompaktheit  $A/V$  beträgt: 0,42 m<sup>-1</sup>**

**Für die Berechnung dieses Berichts wurde das folgende Nutzerverhalten zugrunde gelegt:**

Es soll in der Berechnung der Einsparmaßnahmen von einer Vollbelegung unter Berücksichtigung der zukünftigen Nutzung ausgegangen werden.

mittlere Innentemperatur:	19,7 °C,
Luftwechselrate:	0,70 h <sup>-1</sup> ,
interne Wärmegewinne:	17.321 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf:	30.389 kWh pro Jahr.

## 6 Ist-Zustand des Gebäudes

### 6.1 Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle

Die folgende Zusammenstellung soll eine kurze Übersicht über den Aufbau der gebäudeumfassenden Bauteile geben.

#### **Außenwände Erdgeschoß und Giebelwände**

Aufbau           Innenputz (d = 15 mm)  
                    Hochlochziegel (d = 300 mm) Außenputz (d = 20 mm)

Der Außenputz stellt sich in einem guten Allgemeinzustand dar. Risse oder Abplatzungen sind nicht erkennbar. Ein Anstrich ist anzuraten. Giebelflächen und Traufen sind mit Kunstschiefer verkleidet.

#### **Fenster**

Es handelt sich bei den Fenstern aus dem Jahre 1979 um 2-Scheiben-Isolierverglasung mit Kunststoffrahmen (ISO 2 x 4 + 12 SZR). Die Dichtungslippen an den Fensterdichtflächen sind noch funktionsfähig. An den Gurtdurchlässen der Rollläden sind keine erhöhten Luftströmungen spürbar. Die Rollladenkästen sind ungedämmt.

#### **Dach**

Das Satteldach ist mit 80 mm Rollisol mit Alukaschierung gedämmt.

Die Dachziegel (Frankfurter Pfanne) sind auf einer einfachen Lattung aus Nadelholz aufgelegt. Im Dach gibt es mehrere Dachflächenfenster und Gauben aus dem Bau-Jahr.

#### **Wärmebrücken**

Wärmebrücken sind Punkte, Winkel und Flächen der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Man unterscheidet geometrische und konstruktive, lineare und flächenhafte Wärmebrücken. Im Folgenden werden - falls vorhanden - solche Wärmebrücken betrachtet, die nicht bereits in die Kalkulation der Bauteil-Transmissionen eingegangen sind.

Im Normalfall werden Wärmebrücken mit einem Pauschalwert berücksichtigt.

Weitere Erläuterungen finden Sie ggf. im Anhang.

Neben den üblichen geometrischen Wärmebrücken (z.B. Hausecken) sind die Rollladenkästen, sowie die Kellerdecke, die auskragenden Balkonplatten und die in die Außenwand einbindende massive Balkontrennwand besonders hervorzuheben.

Bei der Berechnung nach Energie-Einsparverordnung (EnEV) wurde ein pauschaler Aufschlag für die Wärmebrücken von 0,10 W/m<sup>2</sup>K auf die U-Werte der Gebäudehülle verwendet.

## Zusammenstellung Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV* in W/m <sup>2</sup> K
	Satteldach, 8 cm Mineralwolle	223	0,50	0,30
X	Pulldachgaube	82	0,70	0,30
X	Rolladenkasten	17	3,00	0,35
X	Haustüranlage	5	3,50	2,90
X	Außenwand Hochlochziegel 30 cm	296	0,80	0,35
X	Außenwand Hochlochziegel 30 cm	54	1,20	0,35
X	Kelleraußenwand	38	1,34	0,40
X	Kellerinnenwand Trockenräume 24 cm KSV	32	1,29	0,40
X	Dachflächenfenster	4	3,00	1,70
X	Kellerfenster	3	5,00	1,70
X	Kunststofffenster - Isolierverglasung	86	3,00	1,70
X	Kellerboden Trockenräume	47	1,00	0,40
X	Kellerdecke	172	1,00	0,40

\*) Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Bei Innendämmung erhöht sich der Maximalwert um 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Bei Kerndämmung eines mehrschaligen Mauerwerks reicht es aus, wenn der Hohlraum vollständig mit Dämmstoffausgefüllt wird. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,50 W/m<sup>2</sup>K.

### Schwachstellen:

Alle Bauteile der Hüllfläche zeigen sämtlich einen niedrigen Dämmstandard.

## 6.2 Anlagentechnik

### Heizung:

Erzeugung	Zentrale Wärmeerzeugung 2-stufiger NT-Kessel - 72 kW, Erdgas E
Verteilung	Auslegungstemperaturen 70/55°C Dämmung der Leitungen: nach EnEV Umwälzpumpe nicht leistungsgeregelt
Übergabe	Flächenheizung (Fußbodenheizung)

### Warmwasser:

Erzeugung	Zentrale Warmwasserbereitung Warmwassererzeugung über die Heizungsanlage
Speicherung	Indirekt beheizter Speicher - 350 Liter, Dämmung nach EnEV
Verteilung	Dämmung der Leitungen: nach EnEV

**Für die Berechnung dieses Berichts wurde das folgende Nutzerverhalten zugrunde gelegt:**

Parameter	Wert	Normwert
mittlere Innentemperatur des voll beheizten Bereiches	19,7 °C	19,0 °C
Anteil unbeheizter Bereich	0 %	0 % => Vollbeheizung
Resultierende mittlere Innentemperatur gesamt	19,7 °C	19,0 °C
(Nacht-) Abschaltung der Heizung	Wochentags: 21:00 bis 7:00 => im Mittel ca. 10 h/a	23:00 bis 6:00 => im Mittel ca. 7 h/a
Luftwechselrate	0,70 h <sup>-1</sup>	Altbau ohne Fenster-Dichtungen: 1,0 h <sup>-1</sup> Fenster mit Dichtungen: 0,7 h <sup>-1</sup> Blower-Door-Test mit LW >3 h <sup>-1</sup> : 0,6 h <sup>-1</sup>
interne Wärmegewinne	5 W/m <sup>2</sup>	5 W/m <sup>2</sup>
Warmwasser-Wärmebedarf (Bezugstemperatur 50 °C)	30.400 kWh/a = 38,04 kWh/(m <sup>2</sup> a)	= 12,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)

### Daten aus Schornsteinfegerprotokoll:

CO <sub>2</sub> – Wert	4,6 %
Abgastemperatur:	103 °C

### Schwachstellen:

Die Heizungsanlage ist erst ca. 10 Jahre alt und arbeitet einwandfrei. Ein Austausch ist in naher Zukunft nicht angesagt. Um aber Hinweise für mögliche Einsparungen zu geben, wurde auch der Einsatz eines Brennwertkessels und alternativer Energien (Pellets, Solar) geprüft.

Es sollte jedoch ein hydraulischer Abgleich des Systems und eine Einstellung der Anlage erfolgen.

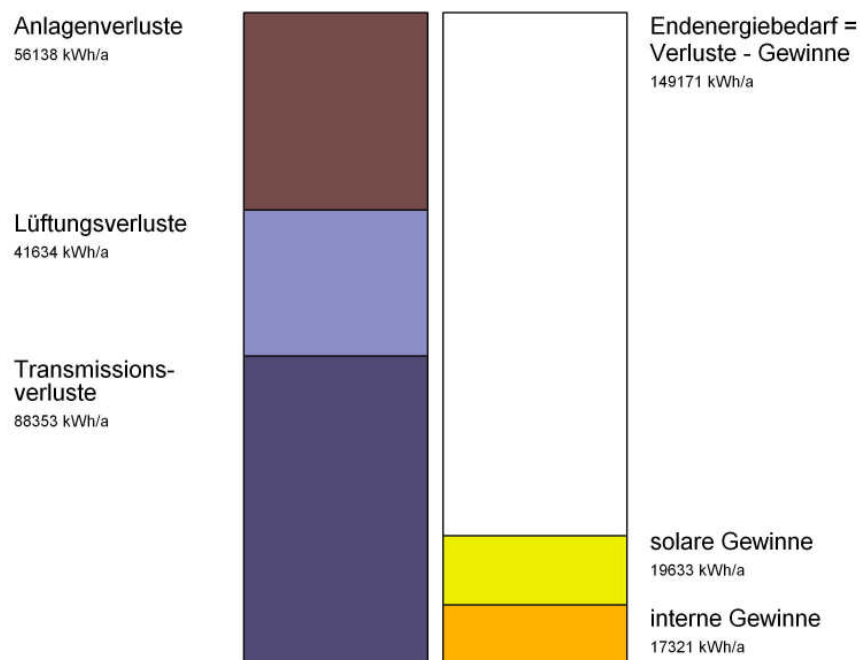
## 6.3 Energiebilanz

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss der vorhandene Energieverbrauch beurteilt werden. Verbraucht das Haus viel oder wenig? Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?

Die Antwort auf diese Fragen gibt eine Energiebilanz. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Berücksichtigt werden dabei die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht berücksichtigt.

In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.



Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in Ihrem Gebäude liegen.

Die detaillierte Berechnung der einzelnen Transmissionswärme- und Anlagenverluste befinden sich im Anhang.

## 6.4 Verbrauchsdaten:

Für das Gebäude wurden von Ihnen Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um Abrechnungen der letzten Jahre.

Aus den gemittelten Energieverbrauchsangaben der letzten Jahre ergab sich ein Endenergieverbrauch von ca. 147.500,- kWh pro Jahr. Es liegt somit eine Abweichung von ca. 28 % (ca. 115.900,- kWh) pro Jahr vor.

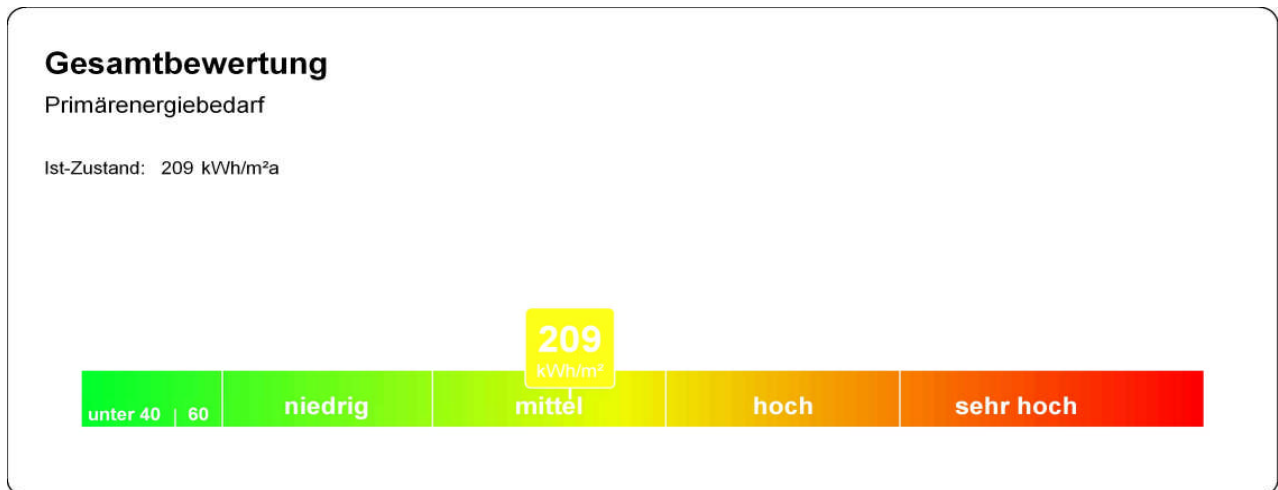
Diese Abweichung begründet sich vermutlich durch die abweichende tatsächliche Nutzung des Gebäudes. Offensichtlich sind der Warmwasserbedarf und die durchschnittliche Raumtemperatur höher anzusetzen, als die EnEV-Randbedingungen vorgeben.

Die Vergleiche zwischen dem Ist-Zustand und den Varianten erfolgen aufgrund der tatsächlichen Nutzung des Gebäudes. Nur so werden die für die derzeitigen Nutzer erzielbaren Einsparungen deutlich.

## 6.5 Bewertung Ist-Zustand:

### 6.5.1 Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser **209 kWh/m<sup>2</sup>a**.



Der Energieverbrauch des Hauses liegt damit im mittleren Bereich.

### 6.5.2 Umweltbelastung

Die durch den Energieverbrauch entstehende Umweltbelastung ist entscheidend vom verwendeten Energieträger (hier: Erdgas) abhängig.

Es ist, bezogen auf den Verbrauch, mit folgenden Umweltbelastungen in kg pro Jahr zu rechnen:

Schadstoff:	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
Umweltbelastung:	25,09 kg	30,50 kg	37.609 kg

Diese Umweltbelastung ist, bezogen auf die zu beheizende Fläche und die Anzahl der Personen, als überhöht zu bewerten.

## 7 Heizlastberechnung (Hüllflächenverfahren)

Es wird ein Kurzverfahren zur Abschätzung der Heizlast gewählt, welches einen hinreichend genauen Wert zur Ermittlung der erforderlichen Kesselleistung liefert.

### Vorbemerkungen

Es wurden folgende Temperaturen (in Anlehnung an DIN EN 12831) angesetzt:

Außentemperatur in Köln:	- 10 °C
Innentemperatur	20 °C

Für das beheizbare Volumen wurde ein Mindestluftwechsel von  $n_{\text{Min}} = 0,7$  1/h angenommen. Dieser Wert gibt an, wie viel mal das Raumluftvolumen in einer Stunde mit der Außenluft ausgetauscht wird. Die Wohnraumlufte kann in diesem Fall also etwa alle 1,5 Stunden ausgetauscht werden.

Die nachfolgend berechnete Heizlast besagt, welche Leistung (Kesselnennleistung) zur Beheizung des Wohnraumes am kältesten Tag bei Vollbeheizung derzeit erforderlich sein wird.

An Hand der Grundrisse wurden die wärmeübertragenden Bauteilflächen (gerundete Werte) ermittelt.

HEIZLASTBERECHNUNG (HÜLLFLÄCHENVERFAHREN)						
<b>Temperaturdaten</b>						
Norm-Außentemperatur	$\theta_e$	°C	-10			
Norm-Innentemperatur	$\theta_{\text{int},i}$	°C	20			
Differenz der Norm-Temperaturen	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	°C	30			
<b>Transmissionwärmeverluste</b>						
<b>Bauteil</b>		$f_k$	$A_k$	$U_k$	$f_k \cdot A_k \cdot U_k$	
		je Einheit	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> · K	W/K	
Außenwand		1	349,74	0,8	279,79	
Satteldach		1	223,08	0,5	111,54	
Gaube		1	81,78	0,7	57,25	
Kellerdecke		0,8	219	1	175,20	
Fenster		1	92,54	3	277,62	
Rolladenkästen		1	16,62	3	49,86	
Außentüren		1	4,93	3,5	17,26	
Gesamt-Transmissionswärmeverlustkoeffizient	$H_{\text{T},i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k$			W/K	968,51	
<b>Gesamt-Transmissionswärmeverlust</b>	$\Phi_{\text{T},i} = H_{\text{T},i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$				<b>kW</b>	<b>29,06</b>
<b>Lüftungswärmeverluste</b>						
Raumvolumen (V x 0,8)	$V_i$	m <sup>3</sup>	<b>496</b>			
Mindest-Luftwechselrate	$n_{\text{min}}$	h <sup>-1</sup>	<b>0,7</b>			
Gesamt-Lüftungswärmeverlustkoeffizient	$H_{\text{V},i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{\text{min}}$			W/K	118,05	
<b>Gesamt-Lüftungswärmeverlust</b>	$\Phi_{\text{V},i} = H_{\text{V},i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$				<b>kW</b>	<b>3,54</b>
<b>Lüftungs- und Transmissionswärmeverlust, insgesamt</b>	$\Phi_{\text{T},i} + \Phi_{\text{V},i}$				<b>kW</b>	<b>32,60</b>
Korrekturfaktor für höhere Temperaturen	$f_{\Delta\theta}$	je Einheit	1			
<b>Norm-Lüftungs- und Norm-Transmissionswärmeverlust</b>	$\Phi_i = (\Phi_{\text{T},i} + \Phi_{\text{V},i}) \cdot f_{\Delta\theta}$				<b>kW</b>	<b>33</b>

Die erforderliche Nennleistung eines Heizkessels, der zur Beheizung des Gebäudes eingesetzt werden soll, beträgt somit derzeit ca. 33 kW.

Hinzu kommt die Warmwasserbereitung. Der Kessel für Heizung und Warmwasser benötigt eine Nennleistung von ca. 41 kW.

## 8 Beurteilung der Heizlast

Die ermittelte Heizlast von ca. 33 kW aus Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten stellt, bei einer beheizbaren Wohnfläche von 599 m<sup>2</sup>, einen guten Wert dar.

$$33.000 \text{ W} : 599 \text{ m}^2 = \mathbf{55 \text{ W/m}^2}$$

Nach heutigem Standard gebaute Mehrfamilienwohnhäuser sollten mit erforderlichen Heizleistungen von unter 45 Watt pro Quadratmeter beheizte Fläche auskommen.

## 9 Heizungsanlage und Warmwasser-Erzeugung

### 9.1 Heizungsanlage

Der installierte 2-stufige Gaskessel hat eine Nennwärmeleistung von 72 kW.

Der Kessel entspricht als Niedertemperaturkessel durchaus heutigen Anforderungen.

Bei einer berechneten Heizlast des Gebäudes von ca. 33 kW ist der vorhandene Kessel jedoch überdimensioniert.

Ein Austausch des Kessels ist vorerst nicht angesagt.

### 9.2 Der Warmwasserbedarf

Der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung kann, da konkrete Verbrauchsangaben vorliegen, ermittelt werden.

Grundlagen:	Temperatur Kaltwasser	10°C
	Temperatur Warmwasser	45°C
	Verbrauch Kaltwasser: (aus Abrechnung)	ca. 690 m <sup>3</sup> /a
	Anteil Warmwasser angenommen:	40 %
	=>	276 m <sup>3</sup> /a

### Wärmebedarf für Warmwasser:

$$276 \text{ m}^3/\text{a} \times 1,163 \text{ kWh/kgK} \times (45^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = \text{ca. } 11.234 \text{ kWh/Jahr}$$

Die vorhandene Anlage wird etwa mit einem Nutzungsgrad von 60 % arbeiten, so dass mit einem Energieeinsatz zur Warmwasserbereitung von ca. **18.724 kWh** pro Jahr zu rechnen ist.

## 10. Fazit:

Aus der Sicht des Energieberaters lautet die Beurteilung für die Bausubstanz und Wärmeversorgung Ihres Gebäudes:

**„ teilweise verbesserungsfähig “**

## 11 Verbesserungsvorschläge:

Der nachfolgende Abschnitt zeigt Verbesserungsmaßnahmen für das Gebäude auf. Es werden verschiedene Verbesserungen der Gebäudehülle und das Anlagentechnik untersucht.

### 11.1 Vorgehensweise und Randdaten:

Zurzeit werden zwei Trockenräume im nicht gedämmten Keller gering beheizt. Nach Entfernen der Heizkörper reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 2 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von **149.171 kWh/Jahr** reduziert sich auf **146.152 kWh/Jahr**. Es ergibt sich somit eine Einsparung von **3.019 kWh/Jahr**. Dies entspricht ca. **177,- € / Jahr**.

Da diese Maßnahme dringend angeraten ist, wird sie als Grundlage für alle weiteren Berechnungen genommen.

Es werden primär Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes betrachtet, da die Heizungsanlage erst ca. 10 Jahre alt ist und einwandfrei funktioniert. Eine Überprüfung der Einstellungen (Heizkurve, Pumpenleistung) und ein hydraulischer Abgleich sollten jedoch zur Optimierung der Anlage durchgeführt werden.

Außerdem ist es grundsätzlich besser, zuerst die Gebäudehülle weitestgehend zu dämmen, bevor die Heizungsanlage erneuert wird. Hier zählt: die billigste Energie ist die, die ich nicht verbrauche.

Es werden der Einsatz eines Brennwertkessels bzw. einer Pelletsheizung überprüft. Da die Betrachtung zum jetzigen Zeitpunkt stattfindet, ist die Überprüfung der Ergebnisse bzgl. der Pelletsheizung zum Zeitpunkt des möglichen Einbaus zu wiederholen, da die Entwicklung immer weiter fortschreitet.

Die Untersuchung von Einsparmaßnahmen erfolgt in Schritten:

1. Untersuchung von Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle. Hier wird aufeinander aufbauend die Berechnung geprüft für Dämmung von
  - a. Kellerdecke
  - b. Fassade ohne Fensteraustausch
  - c. Fassade mit Fensteraustausch
  - d. Fassade und Dach ohne Fensteraustausch
2. für ausgewählte Maßnahmen der Einsatz eines Brennwertkessels
3. zusätzlich wird für ausgewählte Maßnahmen der Einsatz Pelletskessel

Es werden jeweils die Energieeinsparung, die Mehrkosten und die Wirtschaftlichkeit bestimmt. Für die Berechnung gelten folgende wichtige Größen, die nachfolgende Tabelle erläutert:

Größe	Erläuterung	
Kalkulations-Zinssatz	Für alle Maßnahmen 4,5 % pro Jahr angesetzt.	
Interner Zinsfuß	Interner Zinsfuß heißt der Abzinsungsfaktor, bei dessen Verwendung die diskontierten künftigen Zahlungen dem heutigen Preis entsprechen. Ist dieser Zinsfuß größer als der Kalkulationszinssfuß, ist die Investition absolut wirtschaftlich.	
Betrachtungszeitraum	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erfolgen üblicherweise über die Lebensdauer der langlebigsten Modernisierungsmaßnahme (bei Dämmmaßnahmen sind dies etwa 30 Jahre)	
Energiepreissteigerung	7 % pro Jahr; das ist der Mittelwert für fossile Brennstoffe der letzten 30 Jahre, der auch für künftige Energiepreissteigerungen (konservativ) angenommen wird. 3 % für Pellets	
Energiepreise heute und künftig (bei 7 %/a Preissteigerung)	heute: 0,05 €/kWh für Gas 0,16 €/kWh für Strom 0,05 €/kWh für Holz	im Mittel der nächsten 30 Jahre: 0,15 ... 0,17 €/kWh für Gas 0,44 ... 0,47 €/kWh für Strom 0,11 ... 0,12 €/kWh für Holz
	Die künftigen Energiepreise sind Annahmen, die sich durch Hochrechnung der Preissteigerungen der vergangenen Jahrzehnte ergeben.	
Amortisationszeit	ist die Zeit, ab der die Einsparungen größer sind als die zusätzlichen Kosten aufgrund einer Energiesparmaßnahme.	
Äquivalenter Energiepreis	er gibt an, wie teuer die Einsparung bezahlt wird bzw. wie viel Geld für jede gesparte Kilowattstunde zu bezahlen ist; zur besseren Vorstellung: heute zahlen Sie die Energie an den Energieversorger, künftig verbrauchen Sie weniger und zahlen an die Bank einen „äquivalenten Energiepreis“.	

**Hinweis:** um die Vergleichbarkeit der Maßnahmen untereinander zu gewährleisten, wurde davon ausgegangen, dass das Gebäude eine gewisse Mindestinvestition in den nächsten 30 Jahren für die Instandhaltung benötigt. Diese Mindestinvestition besteht z.B. in Putzerneuerung/Anstrich /Fugenreparatur der Fassade, dem Austausch des Kessels etc.

## 11.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die wirtschaftlichste Maßnahmenkombination ist diejenige mit den geringsten Jahreskosten. Sie lässt sich mit einer einfachen Formel berechnen:

$$\text{Jahreskosten} = \text{Kapitalkosten} + \text{Wartung/Instandhaltung} + \text{Energiekosten}$$

**Kapitalkosten:** In die Kapitalkosten fließt außer den Investitionskosten der aktuelle Zinssatz und die Lebensdauer der Investition mit ein.

Viele energetische Sanierungen werden im Zusammenhang mit ohnehin anstehenden Modernisierungen durchgeführt: Diese so genannten „**Sowieso-Kosten**“ werden von den Investitionskosten abgezogen. Das sind die Kosten der Maßnahmen, die Sie sowieso durchführen müssten: Zum Beispiel für schadhafte Fenster, für die erneuerungsbedürftige Dachhaut, für Putzausbesserungen mit Gerüst oder den Ersatz eines defekten oder nicht mehr den gesetzlichen Bestimmungen genügenden Heizkessels.

Das bedeutet: Es werden lediglich die Mehrkosten der energetisch verbesserten Lösung gegenüber der Standardlösung angerechnet.

**Wartungs-/Instandhaltungskosten:** Die Wartungs-/Instandhaltungskosten werden als Prozentsatz der Investitionskosten angesetzt (für bauliche Maßnahmen in der Regel 1 %).

**Energiekosten:** Wird ein Gebäude beispielsweise mit einem 24-er Ziegel-Mauerwerk mit 16 cm Mineralwolle gedämmt, so verringert sich der Wärmedurchgang. Das spart in einem durchschnittlichen Einfamilienhaus fast 1.500 Liter Heizöl. Bei den heutigen Ölpreisen sind das jährlich über 800 Euro, die in der Haushaltskasse verbleiben. Ausgehend von einer 30jährigen Nutzungsdauer

und den aktuellen Ölpreisen sparen Sie als Eigentümer rund 25.000 Euro Energiekosten ein und entlasten die Umwelt um 126 Tonnen Kohlendioxid.

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Sanierung spielt auch die Energiepreissteigerung eine wichtige Rolle. In den letzten 35 Jahren haben sich der Öl- und Gaspreis verdreifacht. Wenn die Preise weiter steigen sollten, rentiert sich Ihre Sanierung noch schneller – denn damit erhöhen sich auch die eingesparten Energiekosten.

Die Teuerungsrate für Brennstoffe wurde für Strom mit 10 %, für Gas und Heizöl mit 7 % und für Holzpellets mit 3 % geschätzt. Unter Berücksichtigung der Entwicklung der Rohstoffpreise infolge verringerter Vorkommen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten können sich insbesondere die Werte für Gas und Heizöl noch erhöhen.

### 11.3 Erläuterung des Berechnungsverfahrens

Es läuft folgendes Rechenverfahren ab:

Zunächst wird der beheizte Bereich eines Gebäudes erfasst. Die äußeren Begrenzungen bilden die Gebäudehülle (Hüllfläche). Für die Bauteile dieser **Hüllfläche** (oberste Geschossdecke oder dach, Außenwände, Fenster, Außentüren, Kellerdecke etc.) werden die U-Werte bestimmt. Der **U-Wert** (Wärmedurchgangskoeffizient) beschreibt die Wärmeleitfähigkeit eines Bauteils und bildet die wichtigste Kenngröße für die weiteren Berechnungen. Er gibt die Energiemenge an, die in einer Sekunde durch eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen um 1 Grad unterscheiden.

Die EnEV gibt zulässige Grenzwerte für den U-Wert vor. Diese werden in den nachfolgenden Tabellen immer mit den ermittelten U-Werten des Gebäudes verglichen.

In einem gesonderten Rechenverfahren wird nun der gesamte **Transmissionswärmeverlust** (Summe aller Wärmeverluste, die durch die Bauteile entweichen) des Gebäudes ermittelt.

Zusammen mit den **Lüftungswärmeverlusten** (werden i.d.R. pauschal angesetzt und beschreiben die Verluste durch das natürliche Lüftungsverhalten und undichte Fenster und Türen) bilden Transmissionswärmeverluste abzüglich der internen **Wärmegewinne** (Wärmeabgabe von Personen und elektrischen Geräten zzgl. der Wärmeverluste der Anlagentechnik) und der **solaren Wärmegewinne** (Sonneneinstrahlung durch Fenster) die Basis für die Berechnung des **Heizwärmebedarfs** (erforderliche Wärmemenge zum Beheizen eines Gebäudes).

Der **Endenergiebedarf** wird aus dem Heizwärmebedarf und der Berücksichtigung der Anlagenverluste des jeweiligen Wärmeerzeugers ermittelt und entspricht letztendlich der eingekauften Energie des Gebäudenutzers.

Der **Primärenergiebedarf** umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf an einem Energieträger die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt werden. Er beschreibt die Energieeffizienz und den ressourcenschonenden Umgang der Energienutzung. Die EnEV bestimmt für den Primärenergiebedarf Obergrenzen, die bei der Gebäudeerrichtung eingehalten werden müssen.

Zur Ermittlung des Primärenergiebedarfes wird der entsprechende Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem Primärenergiefaktor multipliziert.

Der **Primärenergiebedarf pro m<sup>2</sup> Nutzfläche** bewertet das Gebäude aus energetischer Sicht und bildet die entscheidende Kenngröße bei der gegenwärtigen und zukünftigen Gebäudebewertung.

## 11.4 Anforderungen der EnEV an die Gebäudesanierung

Die Anforderungen an den Energiebedarf von Gebäuden werden seit 2002 von der Energieeinsparverordnung (EnEV) geregelt. Diese stellt eine Zusammenführung der alten Wärmeschutzverordnung und der Heizungsanlagenverordnung dar, so dass sowohl die baulichen als auch die anlagentechnischen Einflüsse bewertet werden.

Für bestehende Gebäude sieht die EnEV folgende Anforderungen vor:

### Anlagentechnische und bauliche Nachrüstpflichten

- 1) Bis zum 31.12.2006 sind alle Standardheizkessel, die vor dem 1.10.1978 in Betrieb genommen wurden, gegen moderne Technik auszutauschen.
- 2) Heizkessel die vor dem 1.10.1978 in Betrieb genommen wurden, deren Brenner nach dem 01.10.1996 erneuert worden sind, müssen bis zum 31.12.2008 modernisiert werden.
- 3) Beim Neueinbau bzw. Austausch einer Heizungsanlage sind in der Regel Niedertemperatur- oder Brennwertkessel zu verwenden.
- 4) Bis zum 31.12.2006 müssen alle obersten Geschossdecken zu ungeheizten Dachräumen oder gegen Außenluft sowie alle zugänglichen Heizungs- und Warmwasserleitungen gedämmt sein.
- 5) Bis 31.12.2006 sind alle zugänglichen ungedämmten Wärmeverteilungsleitungen, die sich in unbeheizten Räumen befinden, zu dämmen.
- 6) Bei Erneuerung von Zirkulationspumpen für Warmwasseranlagen müssen diese mit selbsttätigen Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung ausgestattet sein. Für Gebäude mit bis zu zwei Wohneinheiten, von denen eine der Eigentümer bewohnt, gelten die Nachrüstpflichten nur bei Eigentümerwechsel. In diesem Fall sind sie bis zu 2 Jahre nach dem Eigentümerwechsel zu erfüllen, allerdings nicht vor Ende der oben aufgeführten Fristen.

### Anforderungen bei baulichen Veränderungen bestehender Gebäude

- 1) Bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude dürfen die in u.g. Tabelle aufgeführten maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschritten werden. Die Anforderungen gelten dann, wenn der Anteil der Änderungen 20 % der jeweiligen Bauteilfläche übersteigt.
- 2) Bei Erweiterung des beheizten Volumens um mehr als die Hälfte und bei Änderung von mindestens drei Außenbauteilen einschließlich einer Heizungserneuerung ist ein Energiebedarfsausweis zu erstellen.
- 3) Bei der baulichen Erweiterung eines bestehenden Gebäudes um zusammenhängend mindestens 30 m<sup>3</sup> sind für den neuen beheizten Gebäudeteil die Anforderungen entsprechend den Neubauten einzuhalten.
- 4) Erhaltungspflicht: Die neuen Bauteile dürfen keine schlechtere energetische Qualität aufweisen als die bisherigen.

Tabelle: Maximale Wärmedurchgangskoeffizienten bei Änderungen

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) [W/(m <sup>2</sup> K)]
Außenwände außenseitige/ innenseitige Erneuerung	≤ 0,35/ ≤ 0,45
Steildächer Dachschrägen, Decken	≤ 0,30
Flachdächer	≤ 0,25
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume bzw. Erdreich Dämmung auf der Kalt-/ Warmseite	≤ 0,40/ ≤ 0,50
Fenster	1,70
Außentüren	2,90



## 12.1 Variante 2 : Fassadendämmung

Die bislang ungedämmten massiven Außenwände verursachen den Großteil der Wärmeverluste der Hülle (ca. 37 %).

Eine Verringerung dieser Energieverluste lässt sich am effektivsten und bauphysikalisch sinnvollsten durch eine Außendämmung der Wände erreichen.

Zusätzlich wird durch diese Maßnahme (insbesondere die Gesamtfassade) eine erhebliche Komfortsteigerung eintreten, da die für den Menschen spürbaren kalten Außenflächen praktisch entfallen.

Die Oberflächentemperaturen der Außenwände werden nach der Durchführung selbst bei Außentemperaturen unter  $-10^{\circ}\text{C}$  über  $+19^{\circ}\text{C}$  betragen (bei  $20^{\circ}\text{C}$  Innentemperatur).

Mindestens 10 cm Dämmschicht der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040 sind erforderlich, um die geltende Energieeinsparverordnung zu erfüllen.

Sollte eine Einbeziehung von Mitteln über die KfW-Bank in Erwägung gezogen werden, gilt es deren Förderbedingungen zu beachten. Hier wird eine Mindestdämmung mit 14 cm Dämmmaterial der WLG 035 vorgeschrieben.

Zusätzliche Maßnahmen wie Vergrößern des Dachüberstands, Anpassen der Fensterbänke etc. sind eingerechnet.

Nicht eingerechnet wurde das „Einpacken“ der Balkone. Das Energieeinsparpotential stünde in einem eklatanten Missverhältnis zu den entstehenden Kosten. Es besteht nach der Fassadendämmung zwar eine energetisch stärker ins Gewicht fallende Wärmebrücke. Aus feuchtetechnischer Sicht verbessert sich die Situation jedoch, so dass eine Schimmelgefahr erfahrungsgemäß nicht gegeben ist.

### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in $\text{m}^2$	U-Wert in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	$U_{\text{max}} \text{EnEV}$ in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35

## Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		47.729 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		9.147 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>38.582 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Zusätzliche Einsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 118.876 kWh/Jahr Einsparung: 30.295 kWh/Jahr (entspricht <b>20 %</b> ) => <b>1.778 € pro Jahr</b>	
Heizlast	Vorher: 41 kW Nachher: 30 kW	
Reduktion $\text{CO}_2$ -Emissionen	7.586 $\text{kg CO}_2/\text{Jahr}$	
Äquivalenter Energiepreis	0,078 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	9,38 %	
Statische Amortisationszeit	18 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>wirtschaftlich vertretbar</b>	

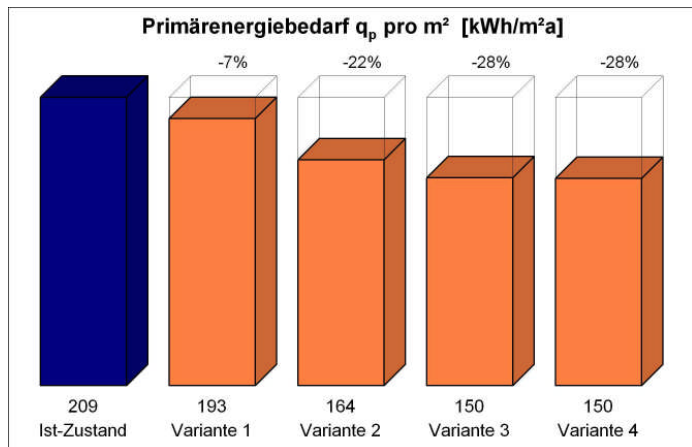
Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **164 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



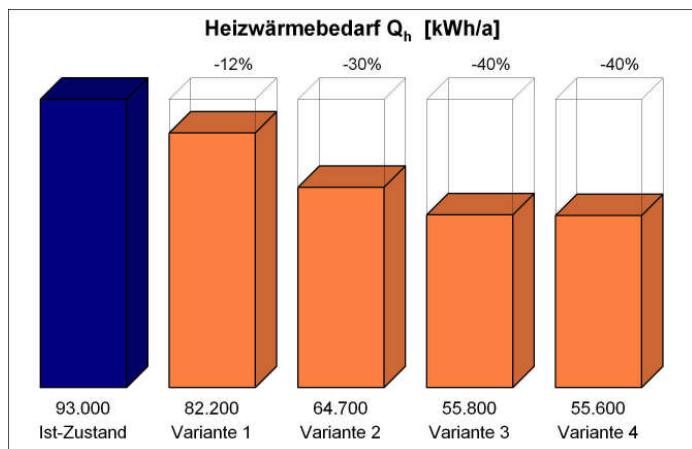


### 13. Vergleich der Sanierungs-Varianten Gebäudehülle

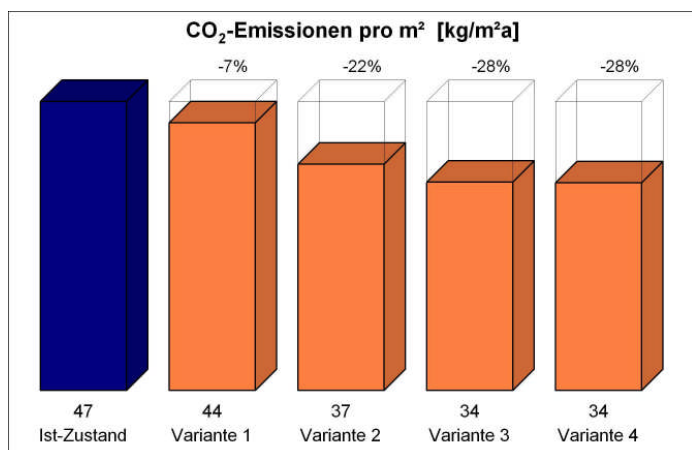
- Var.1 - Kellerdecke dämmen
- Var.2 - Fassade dämmen
- Var.3 - Fassade + Fensteraustausch
- Var.4 - Fassade + Dach



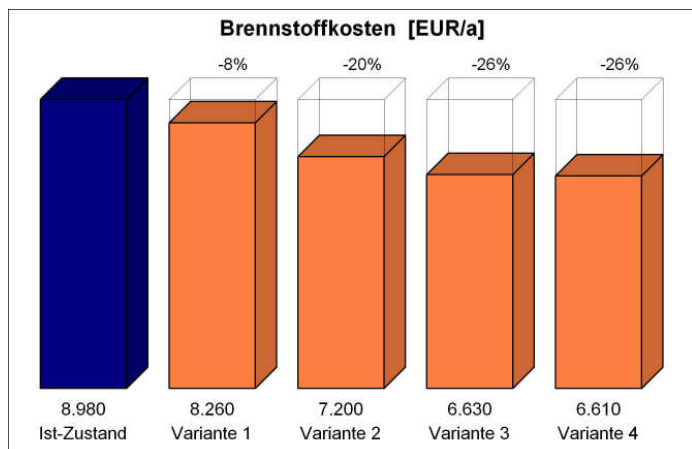
- Var.1 - Kellerdecke dämmen
- Var.2 - Fassade dämmen
- Var.3 - Fassade + Fensteraustausch
- Var.4 - Fassade + Dach



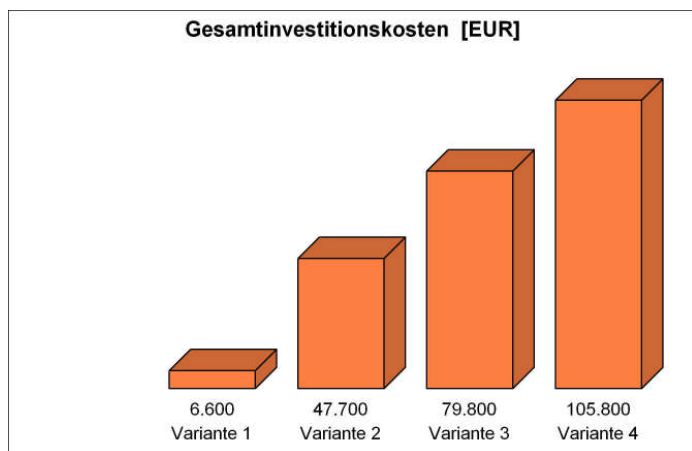
- Var.1 - Kellerdecke dämmen
- Var.2 - Fassade dämmen
- Var.3 - Fassade + Fensteraustausch
- Var.4 - Fassade + Dach



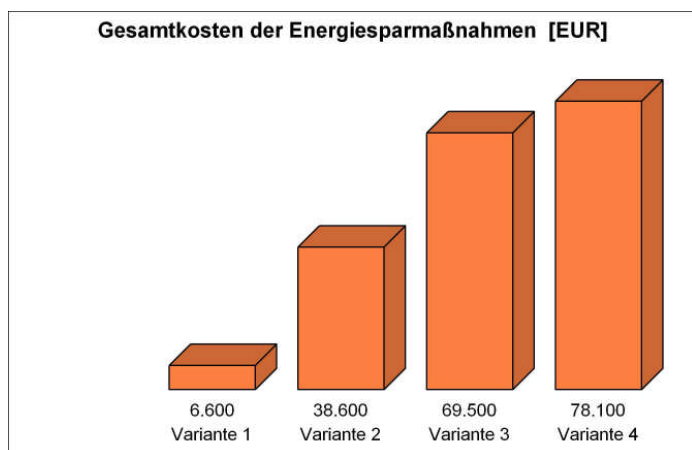
- Var.1 - Kellerdecke dämmen
- Var.2 - Fassade dämmen
- Var.3 - Fassade + Fensteraustausch
- Var.4 - Fassade + Dach



- Var.1 - Kellerdecke dämmen
- Var.2 - Fassade dämmen
- Var.3 - Fassade + Fensteraustausch
- Var.4 - Fassade + Dach



- Var.1 - Kellerdecke dämmen
- Var.2 - Fassade dämmen
- Var.3 - Fassade + Fensteraustausch
- Var.4 - Fassade + Dach



## 14 Einsatz Brennwertkessel

### 14.1 Variante 1 : Fassadendämmung und Brennwertkessel

Der Austausch des erst 10 Jahre Gaskessels ist nicht angezeigt. Dennoch wird hier der Austausch gegen einen Brennwertkessel, der sehr viel kleiner dimensioniert werden könnte, untersucht, um für die Zukunft eine Entscheidungsgrundlage zu haben.

Im Gegensatz zu Niedertemperaturkesseln wird der bei der Verbrennung entstandene und im Abgas enthaltene Wasserdampf bei Brennwert-Kesseln absichtlich zur Kondensation gebracht, das heißt der Dampf wird zu Wassertröpfchen. Die bei der Kondensation frei werdende Wärme kann als zusätzliche Nutzwärme eingesetzt werden.

Der Nutzungsgrad eines BW-Kessels zur Raumwärmeversorgung liegt bei ca. 95 %

Der neue BW-Kessel sollte mit einer witterungsgeführten Regelung ausgestattet werden.

Der Brennwertkessel sollte raumluftunabhängig (Zuluft- und Abgasführung über ein gemeinsames so genanntes LAS-System) arbeiten.

Der Einbau einer gasdichten und korrosionsbeständigen Abgasleitung ist bei der Nutzung der Brennwerttechnik in jedem Fall erforderlich.

#### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35

### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		54.772 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		8.140 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>46.632 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 109.094 kWh/Jahr Einsparung: 40.077 kWh/Jahr (entspricht <b>27 %</b> ) => <b>2.347 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	10.007 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	0,09 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	9,52 %	
Statische Amortisationszeit	19 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>wirtschaftlich</b>	

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **153 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr**.

## 14.2 Variante 2 : Fassadendämmung und Brennwertkessel mit Solarunterstützung

Es wird zusätzlich zum Brennwertkessel eine Solaranlage zur Unterstützung der Heizungs- und Warmwassererwärmung.

### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35

### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		67.779 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		9.147 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>58.632 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 95.061 kWh/Jahr Einsparung: 54.110 kWh/Jahr (entspricht <b>36 %</b> ) => <b>3.168 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	13.507 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	0,09 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	9,57 %	
Statische Amortisationszeit	20 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>unwirtschaftlich</b>	

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **131 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

### 14.3 Variante 3 : Fassaden- und Dachdämmung und Brennwertkessel

Der Einsatz der Brennwerttechnik wird hier untersucht nach der Dämmung von Fassade und Dach.

#### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35
Satteldach, 8 cm Mineralwolle - Zwischensparrendämmung von oben und Aufsparrendämmung, 16cm	223	0,15	0,30
Pultdachgaube - Dämmen	82	0,23	0,30
Dachflächenfenster - Austausch	4	1,50	1,70

### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		114.835 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		28.664 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>86.171 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 101.097 kWh/Jahr Einsparung: 48.074 kWh/Jahr (entspricht <b>32 %</b> ) => <b>2.817 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	12.015 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	0,13 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	6,46 %	
Statische Amortisationszeit	26 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>unwirtschaftlich</b>	

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **139 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr**.

### 14.3 Variante 3 : Fassaden- und Dachdämmung und Brennwertkessel mit Solarunterstützung

Es wird zusätzlich zur vorherigen Variante eine Solaranlage zur Unterstützung der Heizungs- und Warmwassererwärmung geprüft.

#### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35
Satteldach, 8 cm Mineralwolle - Zwischensparrendämmung von oben und Aufsparrendämmung, 16cm	223	0,15	0,30
Pultdachgaube - Dämmen	82	0,23	0,30
Dachflächenfenster - Austausch	4	1,50	1,70

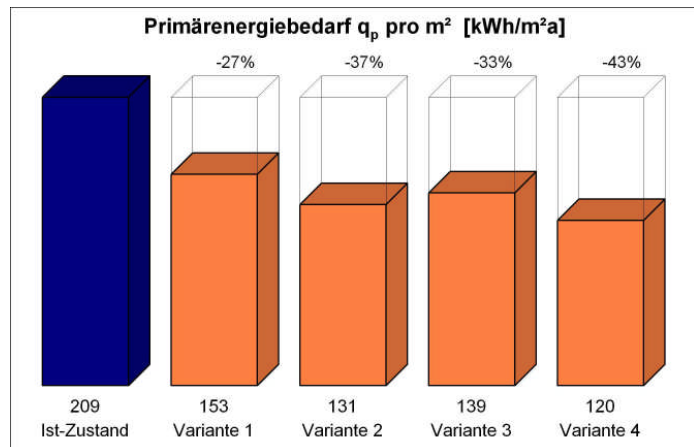
#### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		126.835 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		28.664 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>98.171 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 86.557 kWh/Jahr Einsparung: 62.613 kWh/Jahr (entspricht <b>42 %</b> ) => <b>3.667 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	15.640 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	0,12 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	6,98 %	
Statische Amortisationszeit	25 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>unwirtschaftlich</b>	

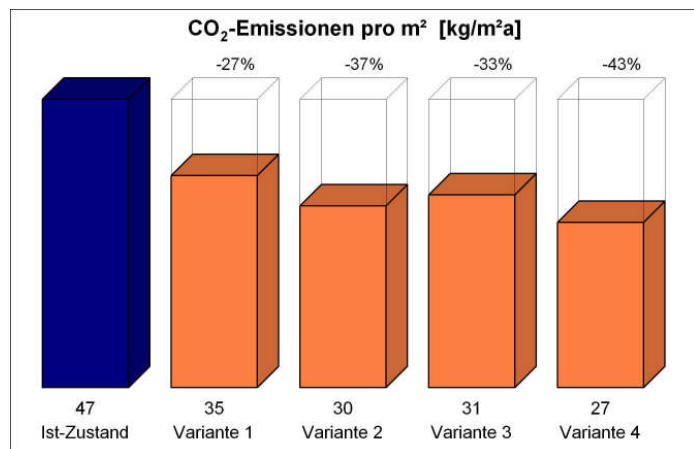
Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **120 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr**.

## 15. Vergleich der Sanierungs-Varianten Einsatz Brennwertkessel

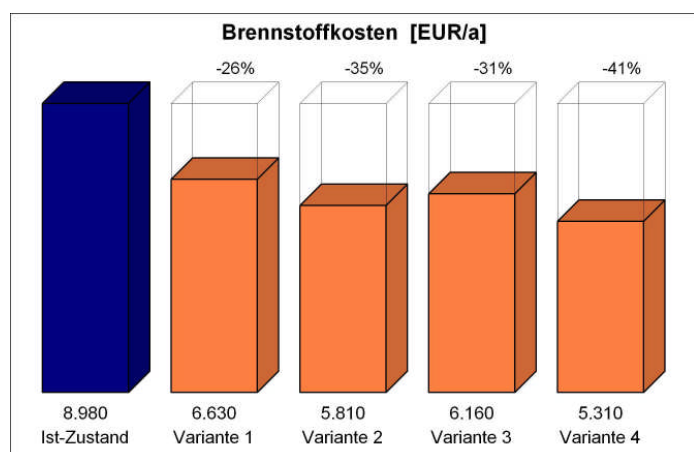
- Var.1 - Fassade + Brennwertkessel
- Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar
- Var.3 - Hülle + Brennwert
- Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar



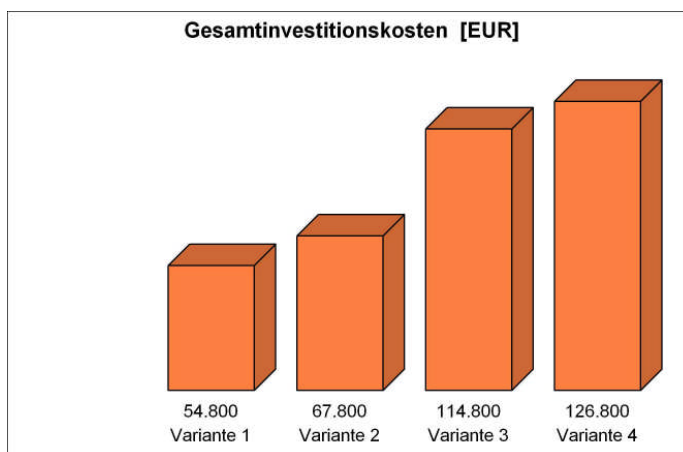
- Var.1 - Fassade + Brennwertkessel
- Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar
- Var.3 - Hülle + Brennwert
- Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar



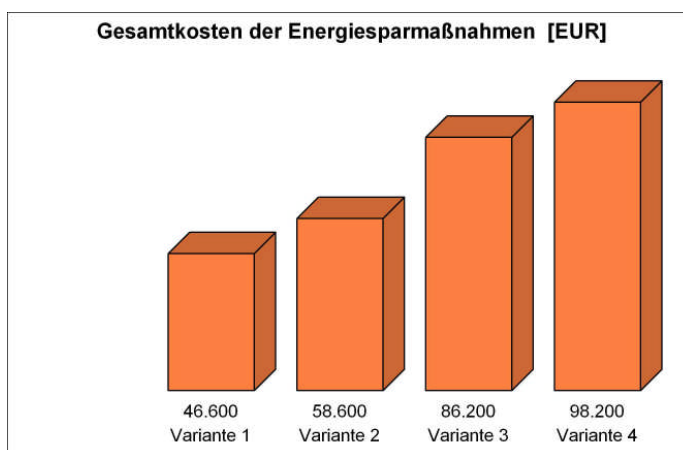
- Var.1 - Fassade + Brennwertkessel
- Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar
- Var.3 - Hülle + Brennwert
- Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar



- Var.1 - Fassade + Brennwertkessel
- Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar
- Var.3 - Hülle + Brennwert
- Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar



- Var.1 - Fassade + Brennwertkessel
- Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar
- Var.3 - Hülle + Brennwert
- Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar



## 17 Einsatz Pelletskessel

### 17.1 Variante 1 : Fassadendämmung und Pelletskessel

Im letzten Abschnitt wird der Einsatz eines Pelletsheizkessels mit automatischer Beschickung und Speicher geprüft.

#### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35

### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		69.584 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		9.146 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>60.437 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 157.175 kWh/Jahr Einsparung: - 8.004 kWh/Jahr (entspricht <b>- 5 %</b> ) => <b>1.936 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	29.499 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	-0,64 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	12,22 %	
Statische Amortisationszeit	17 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>wirtschaftlich</b>	

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **45 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr**.

Aufgrund des schlechteren Wirkungsgrades und der höheren Anlagenverluste eines Pelletskessels gegenüber einem Brennwertkessel erhöht sich der Endenergiebedarf. Da die Kosten des Energieträgers Pellets jedoch schon heute bezogen auf eine Kilowattstunde deutlich günstiger sind als bei Gas und die Differenz in Zukunft sicher größer werden wird, ergibt sich dennoch eine merkliche Ersparnis.

Zu berücksichtigen hierbei ist darüber hinaus, dass Sie in Bezug auf den Primärenergiebedarf hervorragende Werte erzielen.

## 17.2 Variante 2 : Fassadendämmung und Pelletskessel mit Solarunterstützung

Es wird zusätzlich zum Brennwertkessel eine Solaranlage zur Unterstützung der Heizungs- und Warmwassererwärmung.

### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35

### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		81.584 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		9.147 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>72.437 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 135.167 kWh/Jahr Einsparung: 14.004 kWh/Jahr (entspricht <b>9 %</b> ) => <b>2.898 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	30.461 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	0,47 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	11,58 %	
Statische Amortisationszeit	18 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>wirtschaftlich</b>	

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **40 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

### 17.3 Variante 3 : Fassaden- und Dachdämmung und Pelletskessel

Der Einsatz der Brennwerttechnik wird hier untersucht nach der Dämmung von Fassade und Dach.

#### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35
Satteldach, 8 cm Mineralwolle - Zwischensparrendämmung von oben und Aufsparrendämmung, 16cm	223	0,15	0,30
Pultdachgaube - Dämmen	82	0,23	0,30
Dachflächenfenster - Austausch	4	1,50	1,70

### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		129.735 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		27.846 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>101.889 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 143.320 kWh/Jahr Einsparung: 30.110 kWh/Jahr (entspricht <b>4 %</b> ) => <b>2.542 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	5.851 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	0,14 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	9,13 %	
Statische Amortisationszeit	21 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>kaum wirtschaftlich</b>	

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **42 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr**.

### 17.3 Variante 3 : Fassaden- und Dachdämmung und Pelletskessel mit Solarunterstützung

Es wird zusätzlich zur vorherigen Variante eine Solaranlage zur Unterstützung der Heizungs- und Warmwassererwärmung geprüft.

#### U-Wert-Übersicht der veränderten Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> EnEV in W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke - Kellerdecke, Wärmedämmung von unten, 10 cm	219	0,26	0,40
Außenwand Hochlochziegel 30 cm Wärmedämmverbundsystem, 16 cm	350	0,17	0,35
Satteldach, 8 cm Mineralwolle - Zwischensparrendämmung von oben und Aufsparrendämmung, 16cm	223	0,15	0,30
Pultdachgaube - Dämmen	82	0,23	0,30
Dachflächenfenster - Austausch	4	1,50	1,70

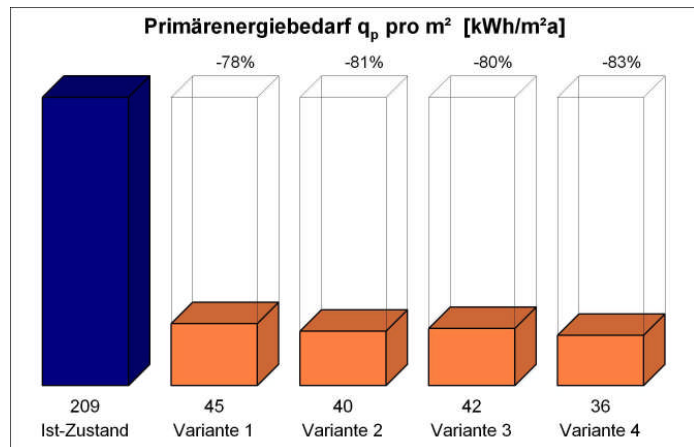
#### Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung

Gesamtinvestitionskosten		140.728 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)		26.839 EUR
<b>Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen</b>		<b>113.889 EUR</b>
Nutzungsdauer		30 Jahre
Energieeinsparung	Vorher: 149.171 kWh/Jahr Nachher: 122.772 kWh/Jahr Einsparung: 26.399 kWh/Jahr (entspricht <b>18 %</b> ) => <b>3.441 € pro Jahr</b>	
Reduktion CO <sub>2</sub> -Emissionen	31.009 kg CO <sub>2</sub> /Jahr	
Äquivalenter Energiepreis	0,34 €/kWh (Preis je eingesparter Kilowattstunde)	
Interner Zinsfuß	9,13 %	
Statische Amortisationszeit	21 Jahre, wenn die Energiepreise mit 7 %/a weitersteigen	
<b>Fazit</b>	<b>kaum wirtschaftlich</b>	

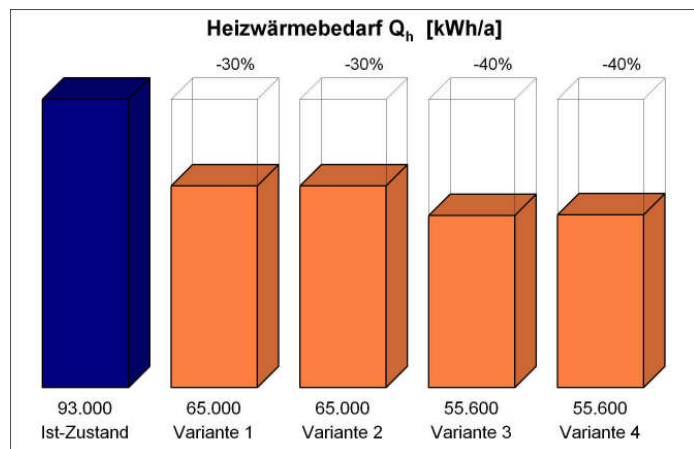
Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **36 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

## 18. Vergleich der Sanierungs-Varianten Einsatz Pelletsheizung

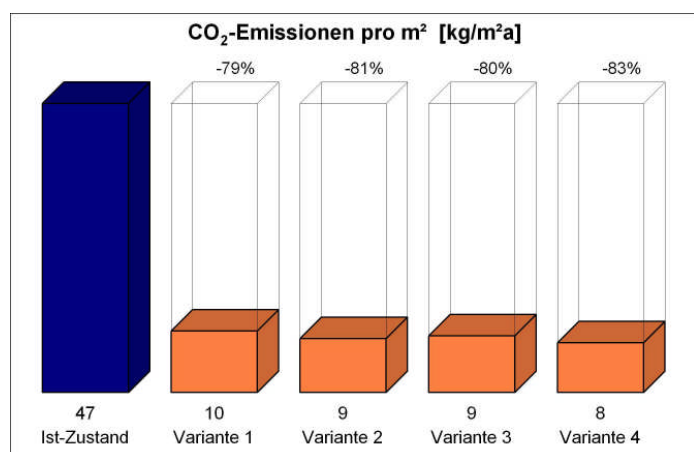
- Var.1 - Fassade + Pellets
- Var.2 - Fassade + Pellets + Solar
- Var.3 - Hülle + Pellets
- Var.4 - Hülle + Pellets + Solar



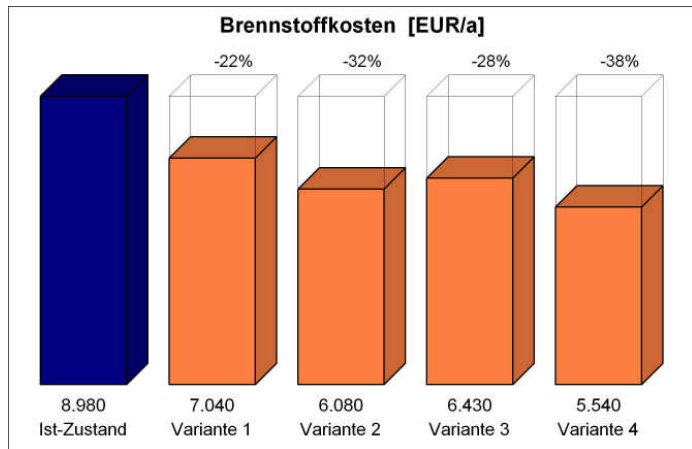
- Var.1 - Fassade + Pellets
- Var.2 - Fassade + Pellets + Solar
- Var.3 - Hülle + Pellets
- Var.4 - Hülle + Pellets + Solar



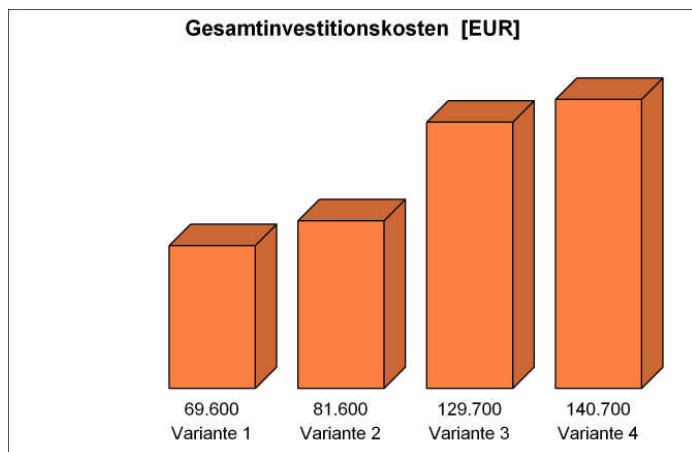
- Var.1 - Fassade + Pellets
- Var.2 - Fassade + Pellets + Solar
- Var.3 - Hülle + Pellets
- Var.4 - Hülle + Pellets + Solar



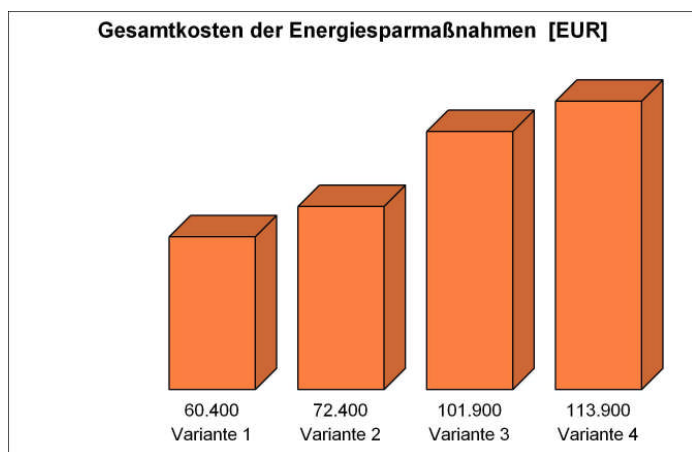
Var.1 - Fassade + Pellets  
 Var.2 - Fassade + Pellets + Solar  
 Var.3 - Hülle + Pellets  
 Var.4 - Hülle + Pellets + Solar



Var.1 - Fassade + Pellets  
 Var.2 - Fassade + Pellets + Solar  
 Var.3 - Hülle + Pellets  
 Var.4 - Hülle + Pellets + Solar



Var.1 - Fassade + Pellets  
 Var.2 - Fassade + Pellets + Solar  
 Var.3 - Hülle + Pellets  
 Var.4 - Hülle + Pellets + Solar



## 19 Vorschlag der geeigneten Maßnahmen

### Übersicht:

Var.	Maßnahme	Primärenergiebedarf	Heizlast	Kosten Energie-sparmaßnahme	statische Armortisation	Einsparung	interner Zinsfuß	wirtschaftlich
	IST-Zustand	209 kWh/m <sup>2</sup>	41 kW					
<b>Dämmmaßnahmen Gebäudehülle</b>								
1	Kellerdecke	193 kWh/m <sup>2</sup>	37 kW	6.570,00 €	9 Jahre	720,00 €	18,11 %	sehr
2	Fassade	164 kWh/m <sup>2</sup>	30 kW	38.582,00 €	18 Jahre	1.778,00 €	9,38 %	ja
3	Fassade + Fenster	150 kWh/m <sup>2</sup>	26 kW	69.539,00 €	24 Jahre	2.342,00 €	7,07 %	kaum
4	Fassade + Dach	150 kWh/m <sup>2</sup>	27 kW	78.121,00 €	26 Jahre	2.368,00 €	6,35 %	nein
<b>Einsatz Brennwertkessel</b>								
1	mit Fassade	153 kWh/m <sup>2</sup>	30 kW	46.632,00 €	19 Jahre	2.347,00 €	9,52 %	ja
2	mit Fassade + Solar	131 kWh/m <sup>2</sup>	30 kW	58.632,00 €	20 Jahre	3.168,00 €	9,57 %	ja
3	mit Fassade + Dach	139 kWh/m <sup>2</sup>	27 kW	86.171,00 €	26 Jahre	2.817,00 €	6,46 %	nein
4	Fassade/Dach/Solar	131 kWh/m <sup>2</sup>	27 kW	98.171,00 €	25 Jahre	3.667,00 €	6,98 %	nein
<b>Einsatz Pelletskessel</b>								
1	mit Fassade	45 kWh/m <sup>2</sup>	30 kW	60.437,00 €	17 Jahre	1.936,00 €	12,22 %	ja
2	mit Fassade + Solar	40 kWh/m <sup>2</sup>	30 kW	72.437,00 €	18 Jahre	2.898,00 €	11,58 %	ja
3	mit Fassade + Dach	42 kWh/m <sup>2</sup>	27 kW	101.889,00 €	21 Jahre	2.542,00 €	9,13 %	kaum
4	Fassade/Dach/Solar	36 kWh/m <sup>2</sup>	27 kW	113.889,00 €	21 Jahre	3.441,00 €	9,13 %	kaum

Hier sind die wirtschaftlich sinnvollen Maßnahmen erkennbar.

Als ökologisch sinnvoll und ökonomisch zumindest vertretbar oder notwendig ergab sich:

- Rückbau der Heizkörper in den Trockenräumen im Keller
- Als sehr wirtschaftliche, zudem schnell und ohne großen Aufwand umsetzbare Maßnahme sollte die Kellerdecke gedämmt werden.
- Die Außenwände mit einem Wärmedämmverbundsystem mit einer Dämmschichtstärke von ca. 160 mm zu sanieren.
- Nach diesen Dämmmaßnahmen rechnet sich sowohl der Einbau eines Brennwertkessels wie der einer Pelletsheizung. Hierbei schneidet die Pelletsanlage trotz der höheren Investitionskosten günstiger ab. Diese Differenz wird noch größer, wenn die möglichen Zuschüsse (z.B. über BAFA und/oder KfW) berücksichtigt werden. Dies erfolgte in diesem Bericht nicht, da die Förderprogramme sehr schnell geändert werden und nicht absehbar ist, wie sich die Situation zum Zeitpunkt einer möglichen Umsetzung der Maßnahmen darstellt.

Darüber hinaus erreichen Sie durch den Einsatz einer Pelletsanlage einer sehr günstigen Primärenergiebedarf, wodurch auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß sehr stark gesenkt und die Umwelt in hohem Maße geschont wird.

Die Dämmung des Daches und der Austausch der Fenster lassen sich wirtschaftlich nicht darstelle.

Die Wahl der Maßnahme hängt vom möglichen Investitionsvolumen ab. In der obigen Tabelle sind die durch die Energiemaßnahme zusätzlich entstehenden Kosten aufgelistet. Die so genannten „Sowieso-Kosten“ für z.B. Fassadenanstrich, Erneuerung der Dacheindeckung etc. sind nicht berücksichtigt.

## **20 Nächste Schritte**

Für die Umsetzung empfehlen wir Ihnen das Einholen von mindestens 3 Angeboten für jedes Gewerk.

Im Fall der beabsichtigten Inanspruchnahme der KfW-Förderung steht die Beantragung dieser Fördermittel an erster Stelle – wir unterstützen Sie gern.

Für die Ausführung empfehlen wir eine Fachplanung. Dies betrifft die Umsetzung der Dämmung incl. Luftdichtheit und Wärmebrückenminimierung sowie die Maßnahmen an der Anlage incl. hydraulischem Abgleich, Einstellen des Reglers und der Förderhöhe der Pumpe.

Bei einigen KfW-Förderpaketen wird auch die Baubegleitung bezuschusst.

Für weitere Fragen stehen wir gern zur Verfügung.

Für die Umsetzung wünschen wir viel Erfolg

## 21 Hinweise zu Förderprogrammen

Modernisierungsmaßnahmen für Wohngebäude, technische Maßnahmen zur Energieeinsparung und Schonung der Ressourcen werden von öffentlicher Hand gefördert. Prüfen Sie, ob die von Ihnen geplanten Maßnahmen gefördert werden können. Neben den Förderprogrammen des Bundes, „KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm“ und dem KfW-Programm „Wohnraum modernisieren“, haben zum Teil auch Länder, Kommunen und Energieversorgungsunternehmen (EVU) Förderprogramme entwickelt.

Die Fördermittel sind im Allgemeinen nicht unbegrenzt vorhanden. Die Programme der Kommunen und Länder haben häufig geringe Laufzeiten, oft durch die geringen Budgets bedingt.

Achten Sie bitte darauf, dass bei fast allen Förderprogrammen der **Antrag auf Förderung vor Beginn der Maßnahme zu stellen ist**. Sie sollten vor Baubeginn anfragen ob es Förderangebote für die von Ihnen angestrebten Maßnahmen gibt.

Als Maßnahme gilt bereits die Unterschrift unter einen Kaufvertrag oder Auftrag. Nachträglich gestellte Anträge sind aus haushaltsrechtlichen Gründen von der Förderung ausgeschlossen.

### 21.1 Einige Fördermaßnahmen im Auszug:

#### Förderung der KfW

##### KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm

Im CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm werden besonders energiesparende Maßnahmen gefördert, die zu einer Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um mindestens 40 kg pro m<sup>2</sup> und Jahr beitragen.

- In diesem Programm werden umfassende energetische Modernisierungen, d. h. die Maßnahmenpakete 0 bis 4 gefördert. Einzelmaßnahmen, wie der Austausch von Altheizungen und Maßnahmen, die eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von weniger als 40 kg pro m<sup>2</sup> und Jahr erreichen, werden im Programm Wohnraum Modernisieren gefördert.
- Der Zinssatz liegt bei einer 20-jährigen Laufzeit bei *effektiv 1 % p. a.* (weitere Konditionen siehe Tabelle bei KfW).
- Der Förderhöchstbetrag beträgt 50.000 EUR pro Wohneinheit, wodurch in der Regel Vollfinanzierungen ermöglicht werden.
- Die Förderung wurde auf Wohngebäude, die bis zum 31.12.1983 fertig gestellt wurden, erweitert (bislang einschließlich 31.12.1978). Neben Wohngebäuden im engeren Sinne sind zukünftig auch Wohnheime, Alten- und Pflegeheime förderfähig.

Nähere Informationen im Internet unter:

[http://www.kfw-foerderbank.de/DE\\_Home/Bauen\\_Wohnen\\_Energiesparen/DieProgram13/CO2-Gebude27/index.jsp](http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Bauen_Wohnen_Energiesparen/DieProgram13/CO2-Gebude27/index.jsp)

#### Wohnraum Modernisieren

In diesem Programm werden alle Modernisierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen gefördert. Hierbei unterscheidet sich der Zinssatz zwischen energetischen ÖKO-PLUS-Maßnahmen (z.B. Heizungs-, Fensteraustausch, Wärmedämmung der Gebäudeaußenhülle) und sog. STANDARD-Maßnahmen (z.B. Balkonbau, Baderneuerung).

Projekt: freistehendes Mehrfamilienhaus

- Der Zinssatz liegt für eine ÖKO-PLUS-Maßnahme, 20 Jahre Laufzeit bei *effektiv 2,02 % p. a.* (weitere Konditionen siehe Tabelle der KfW).
- Zusätzlich zu den bisherigen ÖKO-PLUS- Maßnahmen werden fortan die Erneuerung der Fenster sowie der Austausch von Einzelöfen und Nachtspeicherheizungen gefördert.
- Der Förderhöchstbetrag für ÖKO-PLUS- Maßnahmen beträgt 50.000 EUR pro Wohneinheit. Für STANDARD-Maßnahmen bleibt der Förderhöchstbetrag wie bislang bei 100.000 EUR pro Wohneinheit.

## **Ökologisch Bauen**

In diesem Programm werden die Errichtung von besonders energiesparenden Gebäuden (Energiesparhäuser mit einem Primärenergiebedarf von 40 oder 60 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr sowie Passivhäuser) sowie der Einbau von Heizungstechnik zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert.

Nähere Informationen unter

KfW  
Palmengartenstraße 5-9  
60325 Frankfurt am Main






Internet: [www.KfW-foerderbank.de](http://www.KfW-foerderbank.de)  
Tel.: 01801 335577 (zum Ortstarif)

oder Ihrer Hausbank.






## 22 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

### 22.1 Dämmmaßnahmen Gebäudehülle






#### Primärenergiebedarf $q_p$ pro $m^2$ :

	kWh/m <sup>2</sup> a		Einsparung	
Ist-Zustand	209			
Var.1 - Kellerdecke dämmen	193		16	7,5%
Var.2 - Fassade dämmen	164		45	21,7%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	150		58	28,0%
Var.4 - Fassade + Dach	150		59	28,3%






#### Endenergiebedarf $q_E$ pro $m^2$ :

	kWh/m <sup>2</sup> a		Einsparung	
Ist-Zustand	187			
Var.1 - Kellerdecke dämmen	173		14	7,5%
Var.2 - Fassade dämmen	146		41	21,8%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	134		53	28,1%
Var.4 - Fassade + Dach	134		53	28,4%


#### Heizwärmebedarf $Q_H$ :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	93033			
Var.1 - Kellerdecke dämmen	82170		10863	11,7%
Var.2 - Fassade dämmen	64703		28330	30,5%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	55830		37203	40,0%
Var.4 - Fassade + Dach	55586		37447	40,3%

#### Anlagentechnische Verluste $Q_i$ :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	25749			
Var.1 - Kellerdecke dämmen	24581		1167	4,5%
Var.2 - Fassade dämmen	23208		2541	9,9%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	22443		3306	12,8%
Var.4 - Fassade + Dach	22275		3474	13,5%

#### Anlagenaufwandszahl $e_P$ :

Ist-Zustand	1,35	
Var.1 - Kellerdecke dämmen	1,36	
Var.2 - Fassade dämmen	1,39	
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	1,41	
Var.4 - Fassade + Dach	1,41	

### Schadstoff-Emissionen

CO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a	Einsparung
Ist-Zustand	37609	
Var.1 - Kellerdecke dämmen	34538	3071 8,2%
Var.2 - Fassade dämmen	30022	7586 20,2%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	27613	9996 26,6%
Var.4 - Fassade + Dach	27502	10106 26,9%

NO <sub>x</sub> -Emissionen:	kg/a	Einsparung
Ist-Zustand	30,5	
Var.1 - Kellerdecke dämmen	28,0	2,5 8,2%
Var.2 - Fassade dämmen	24,4	6,1 20,2%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	22,4	8,1 26,6%
Var.4 - Fassade + Dach	22,3	8,2 26,9%

SO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a	Einsparung
Ist-Zustand	25,1	
Var.1 - Kellerdecke dämmen	23,1	2,0 8,0%
Var.2 - Fassade dämmen	20,1	5,0 19,9%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	18,5	6,6 26,1%
Var.4 - Fassade + Dach	18,4	6,6 26,5%

### Kosten / Wirtschaftlichkeit

Brennstoffkosten:	EUR/a	Einsparung
Ist-Zustand	8977	
Var.1 - Kellerdecke dämmen	8257	719 8,0%
Var.2 - Fassade dämmen	7199	1777 19,8%
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	6635	2342 26,1%
Var.4 - Fassade + Dach	6609	2367 26,4%

Gesamtinvestitionskosten:	EUR
Var.1 - Kellerdecke dämmen	6570
Var.2 - Fassade dämmen	47729
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	79780
Var.4 - Fassade + Dach	105778

### Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR
Var.1 - Kellerdecke dämmen	6.570
Var.2 - Fassade dämmen	38.582
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	69.539
Var.4 - Fassade + Dach	78.121

### Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:






	EUR
Var.1 - Kellerdecke dämmen	46.440
Var.2 - Fassade dämmen	73560
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	50460
Var.4 - Fassade + Dach	35730

### Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:






	EUR/a
Var.1 - Kellerdecke dämmen	1548
Var.2 - Fassade dämmen	2452
Var.3 - Fassade + Fensteraustausch	1682
Var.4 - Fassade + Dach	1191

## 22.2 Einsatz Brennwertkessel






### Primärenergiebedarf $q_p$ pro $m^2$ :

	kWh/m <sup>2</sup> a		Einsparung	
Ist-Zustand	209			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	153		56	26,7%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	131		78	37,2%
Var.3 - Hülle + Brennwert	139		69	33,3%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	120		89	42,7%






### Endenergiebedarf $q_E$ pro $m^2$ :

	kWh/m <sup>2</sup> a		Einsparung	
Ist-Zustand	187			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	137		50	26,9%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	117		70	37,5%
Var.3 - Hülle + Brennwert	124		63	33,5%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	106		80	43,1%

### Heizwärmebedarf $Q_h$ :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	93033			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	64292		28741	30,9%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	64986		28047	30,1%
Var.3 - Hülle + Brennwert	55586		37447	40,3%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	55586		37447	40,3%

### Anlagentechnische Verluste $Q_t$ :






	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	25749			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	14412		11336	44,0%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	-890		26638	103,5%
Var.3 - Hülle + Brennwert	14547		11202	43,5%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	7		25742	100,0%

### Anlagenaufwandszahl $e_p$ :






Ist-Zustand	1,35	
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	1,29	
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	1,11	
Var.3 - Hülle + Brennwert	1,31	
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	1,13	

### Schadstoff-Emissionen






#### CO<sub>2</sub>-Emissionen:

	kg/a		Einsparung	
Ist-Zustand	37609			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	27602		10007	26,6%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	24102		13507	35,9%
Var.3 - Hülle + Brennwert	25594		12015	31,9%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	21968		15640	41,6%

#### NO<sub>x</sub>-Emissionen:






	kg/a		Einsparung	
Ist-Zustand	30,5			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	22,4		8,1	26,6%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	19,6		10,9	35,9%
Var.3 - Hülle + Brennwert	20,8		9,7	31,9%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	17,8		12,7	41,6%

#### SO<sub>2</sub>-Emissionen:

	kg/a		Einsparung	
Ist-Zustand	25,1			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	18,6		6,5	26,0%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	16,3		8,8	35,1%
Var.3 - Hülle + Brennwert	17,2		7,9	31,3%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	14,9		10,2	40,7%

### Kosten / Wirtschaftlichkeit



#### Brennstoffkosten:

	EUR/a		Einsparung	
Ist-Zustand	8977			
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	6630		2346	26,1%
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	5809		3167	35,3%
Var.3 - Hülle + Brennwert	6160		2816	31,4%
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	5310		3667	40,8%





#### Gesamtinvestitionskosten:

	EUR	
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	54772	
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	67779	
Var.3 - Hülle + Brennwert	114835	
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	126835	





#### Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR	
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	46632	
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	58632	
Var.3 - Hülle + Brennwert	86171	
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	98171	

#### Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:






	EUR	
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	82830	
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	105780	
Var.3 - Hülle + Brennwert	43050	
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	68340	

#### Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:






	EUR/a	
Var.1 - Fassade + Brennwertkessel	2761	
Var.2 - Fassade + Brennwert + Solar	3526	
Var.3 - Hülle + Brennwert	1435	
Var.4 - Hülle + Brennwert + Solar	2278	

## 22.3 Einsatz Pelletskessel






### Primärenergiebedarf $q_p$ pro $m^2$ :

	kWh/m <sup>2</sup> a		Einsparung
Ist-Zustand	209		
Var.1 - Fassade + Pellets	45		164 78,4%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	40		169 81,0%
Var.3 - Hülle + Pellets	42		167 80,1%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	36		172 82,5%

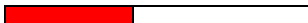




### Endenergiebedarf $q_E$ pro $m^2$ :

	kWh/m <sup>2</sup> a		Einsparung
Ist-Zustand	187		
Var.1 - Fassade + Pellets	193		-6 -3,4%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	166		21 11,1%
Var.3 - Hülle + Pellets	176		11 5,7%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	151		36 19,2%

### Heizwärmebedarf $Q_h$ :

	kWh/a		Einsparung
Ist-Zustand	93033		
Var.1 - Fassade + Pellets	64988		28045 30,1%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	64986		28047 30,1%
Var.3 - Hülle + Pellets	55586		37447 40,3%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	55639		37394 40,2%

### Anlagentechnische Verluste $Q_t$ :

	kWh/a		Einsparung
Ist-Zustand	25749		
Var.1 - Fassade + Pellets	61220		-35471 -137,8%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	39216		-13467 -52,3%
Var.3 - Hülle + Pellets	56769		-31021 -120,5%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	36168		-10420 -40,5%

### Anlagenaufwandszahl $e_P$ :

Ist-Zustand	1,35	
Var.1 - Fassade + Pellets	0,38	
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	0,34	
Var.3 - Hülle + Pellets	0,39	
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	0,34	

### Schadstoff-Emissionen

CO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a	Einsparung	
Ist-Zustand	37609		
Var.1 - Fassade + Pellets	8110	29499	78,4%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	7147	30461	81,0%
Var.3 - Hülle + Pellets	7499	30110	80,1%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	6600	31009	82,5%

NO <sub>x</sub> -Emissionen:	kg/a	Einsparung	
Ist-Zustand	30,5		
Var.1 - Fassade + Pellets	125,1	-94,6	-310,2%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	107,5	-77,0	-252,6%
Var.3 - Hülle + Pellets	114,1	-83,6	-273,9%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	97,6	-67,1	-220,1%

SO <sub>2</sub> -Emissionen:	kg/a	Einsparung	
Ist-Zustand	25,1		
Var.1 - Fassade + Pellets	107,8	-82,7	-329,6%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	92,8	-67,7	-269,9%
Var.3 - Hülle + Pellets	98,4	-73,3	-292,0%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	84,4	-59,3	-236,3%

### Kosten / Wirtschaftlichkeit

Brennstoffkosten:	EUR/a	Einsparung	
Ist-Zustand	8977		
Var.1 - Fassade + Pellets	7041	1935	21,6%
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	6079	2898	32,3%
Var.3 - Hülle + Pellets	6435	2542	28,3%
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	5536	3441	38,3%

Gesamtinvestitionskosten:	EUR
Var.1 - Fassade + Pellets	69584
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	81584
Var.3 - Hülle + Pellets	129735
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	140728

### Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR
Var.1 - Fassade + Pellets	60437
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	72437
Var.3 - Hülle + Pellets	101889
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	113889

### Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR
Var.1 - Fassade + Pellets	249240
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	249360
Var.3 - Hülle + Pellets	195090
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	192390

Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:	EUR/a
Var.1 - Fassade + Pellets	8308
Var.2 - Fassade + Pellets + Solar	8312
Var.3 - Hülle + Pellets	6503
Var.4 - Hülle + Pellets + Solar	6413



## **Endenergiebedarf**

Endenergiemenge, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um die normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Diese Energiemenge bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung, usw.) benötigte Hilfsenergie ein.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die dem Verbraucher (im allgemeinen der Eigentümer) geliefert und mit ihm abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe.

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

## **Nutzenergie**

Als Nutzenergie wird die Energiemenge bezeichnet, die für die Beheizung in den Räumen bereitgestellt wird (Heizwärmebedarf) bzw. die man in Form von Warmwasser aus dem Hahn zapft (Nutzwärme Warmwasser). Die Nutzenergie ist somit die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne, umfasst dabei keine Technikverluste. Die Nutzenergie wird praktisch nie (exakt) gemessen. Meist sind nur Zähler zur Erfassung der Endenergie vorhanden, weil diese ja auch bezahlt werden muss.

## **Verbrauch und Bedarf**

Mit „Verbrauch“ werden die tatsächlich gemessenen Energiemengen bezeichnet. Beim „Bedarf“ handelt es sich um gerechnete Werte. Für alle Einsparungen, die sich aus einer künftigen Energieeinsparmaßnahme ergeben, muss immer der aus der Maßnahme resultierende Energiebedarf gerechnet werden.

## **Transmissionswärmeverluste $Q_T$**

Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der wärmeabgebenden Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile und diese wird durch den U-Wert angegeben.

## **Lüftungswärmeverluste $Q_V$**

Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Die Undichtigkeit kann bei Altbauten insbesondere bei sehr undichten Fenstern, Außentüren und in unsachgemäß ausgebauten Dachräumen zu erheblichen Wärmeverlusten sowie zu bauphysikalischen Schäden führen.

Der Trinkwasserwärmebedarf wird aufgrund der Nutzung (Anzahl der Personen, Temperatur u.ä.) ermittelt.

## **U-Wert (früher k-Wert)**

Wärmedurchgangskoeffizient, Größe für die Wärmeübertragung (Transmission) durch ein Bauteil. Er beziffert die Wärmemenge (in kWh), die bei einem Grad Temperaturunterschied durch einen Quadratmeter des Bauteils entweicht. Folglich sollte ein U-Wert möglichst gering sein. Er wird bestimmt durch die Dicke des Bauteils und den Lambda-Wert (Dämmwert) des Baustoffes.

## **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

Das durch die Fenster eines Gebäudes, insbesondere die mit Südausrichtung, einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.

## **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

Im Innern der Gebäude entsteht durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. Wärme, die ebenfalls bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs in der Energiebilanz angesetzt werden kann.

## **Anlagenverluste**

Die Anlagenverluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung  $Q_g$  (Abgasverlust), ggf. Speicherung  $Q_s$  (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung  $Q_d$  (Leitungsverlust durch ungedämmt bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe  $Q_c$  (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeübergabe.

## **Wärmebrücken**

Als Wärmebrücken werden örtlich begrenzte Stellen bezeichnet, die im Vergleich zu den angrenzenden Bauteilbereichen eine höhere Wärmestromdichte aufweisen. Daraus ergeben sich zusätzliche Wärmeverluste sowie eine reduzierte Oberflächentemperatur des Bauteils in dem betreffenden Bereich. Wird die Oberflächentemperatur durch eine vorhandene Wärmebrücke abgesenkt, kann es an dieser Stelle bei Unterschreitung der Taupunkttemperatur der Raumluft, zu Kondensatbildung auf der Bauteiloberfläche mit den bekannten Folgeerscheinungen, wie z.B. Schimmelpilzbefall kommen. Typische Wärmebrücken sind z.B. Balkonplatten, Attiken, Betonstützen im Bereich eines Luftgeschosses, Fensteranschlüsse an Laibungen.

### **Gebäudevolumen $V_e$**

Das beheizte Gebäudevolumen ist das an Hand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder aber nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

### **Wärmeübertragende Umfassungsfläche $A$**

Die Wärmeübertragende Umfassungsfläche, auch Hüllfläche genannt, bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft, nicht beheizten Räumen und dem Erdreich. Sie besteht üblicherweise aus Außenwänden einschließlich Fenster und Türen, Kellerdecke, oberste Geschossdecke oder Dach. Diese Gebäudeteile sollten möglichst gut gedämmt sein, weil über sie die Wärme aus dem Rauminnen nach Außen dringt.

Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen ist eine Aussage zur Kompaktheit des Gebäudes. Auf Grund dieser Bezugsgröße werden für Gebäude durch die EnEV zulässige Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf und den Transmissionswärmeverlust vorgegeben.

### **Gebäudenutzfläche $A_n$**

Die Gebäudenutzfläche beschreibt die im beheizten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche. Sie wird aus dem beheizten Gebäudevolumen unter Berücksichtigung einer üblichen Raumhöhe im Wohnungsbau abzüglich der von Innen- und Außenbauteilen beanspruchten Fläche aufgrund einer Vorgabe in der Energiesparverordnung (Faktor von 0,32) ermittelt. Sie ist in der Regel größer als die Wohnfläche, da z.B. auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser einbezogen werden.