

## Gutachten zur Weiterentwicklung der EnEV

EnEV-Novelle 2012

### Auftraggeber

NABU  
Bundesgeschäftsstelle  
Charitéstraße 3  
10117 Berlin  
[www.nabu.de](http://www.nabu.de)



WWF Deutschland  
Reinhardtstr. 14  
10117 Berlin  
[www.wwf.de](http://www.wwf.de)



Stand: 27.08.2012

## Inhaltsverzeichnis

<b>I. Grundlagen, Ziel des Gutachtens.....</b>	<b>3</b>
<b>II. Entwicklung zum Niedrigstenergiegebäude.....</b>	<b>4</b>
<b>III. Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....</b>	<b>6</b>
<b>IV. Variantenberechnungen - Neubau.....</b>	<b>8</b>
1. Variante Hauser B.....	8
2. Variante Hauser B + WLA.....	8
3. Variante Außenwand.....	9
4. Variante Bodenplatte / Kellerwand.....	9
5. Variante Fenster.....	9
6. Variante Flachdach.....	10
7. Variante WLA DC 80%.....	10
8. Varianten Hülle 2012 und Hülle + WLA 2012.....	10
<b>V. Wirtschaftlichkeit der Varianten für Neubauten.....</b>	<b>11</b>
<b>VI. Variantenberechnungen – Bestand.....</b>	<b>13</b>
1. Variante Außenwand.....	14
2. Variante oberste Geschossdecke.....	14
3. Variante Steildach.....	14
4. Variante Flachdach.....	15
5. Variante Kellerdecke.....	15
6. Variante Fenster.....	15
7. Variante Hülle 2012.....	15
<b>VII. Wirtschaftlichkeit der Varianten für Bestandsgebäude.....</b>	<b>16</b>
<b>VIII. Weitere Vorschläge zur Novellierung der EnEV.....</b>	<b>17</b>
<b>IX. Zusammenfassung.....</b>	<b>18</b>
<b>Literatur.....</b>	<b>19</b>
<b>Anlagen.....</b>	<b>20</b>

## I. Grundlagen, Ziel des Gutachtens

Die Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009) steht kurz vor einer Novellierung. Mit der Novelle der EnEV 2009 sollen die neue EU-Gebäuderichtlinie [EPBD 2010] und die Beschlüsse der Bundesregierung zum Energiekonzept und zur Energiewende umgesetzt werden. Ziel dieses Gutachtens ist es, zu untersuchen, wie diese Ziele unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten umzusetzen sind. Grundlage für dieses Gutachten sind zahlreiche Veröffentlichungen der letzten Zeit (siehe Literaturliste) und eigene Berechnungen auf der Grundlage von Modellgebäuden des Forschungsberichts [ZUB Modellgebäude, 2010].

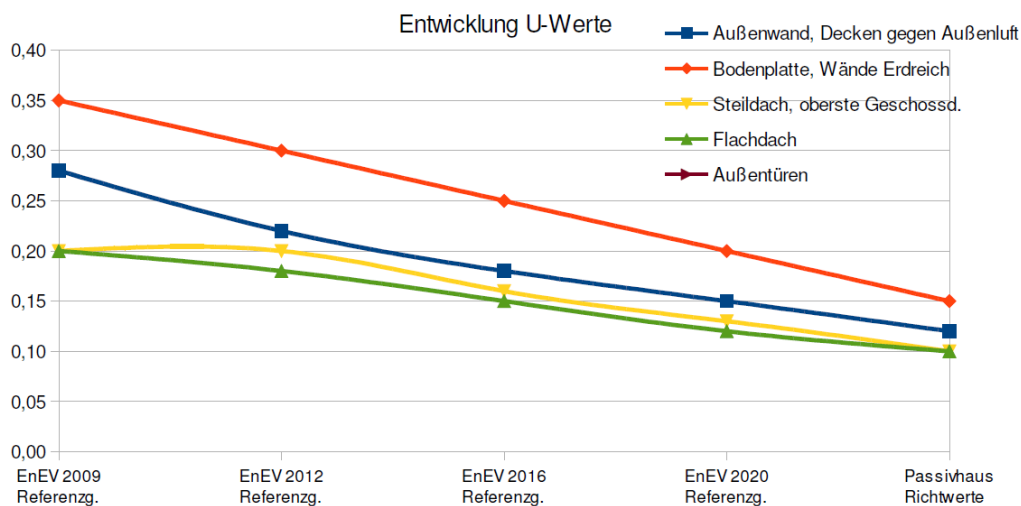
Das Gutachten wurde vom NABU Bundesgeschäftsstelle und dem WWF Deutschland beauftragt. Zentrales Anliegen der Auftraggeber war es, die Möglichkeiten der Weiterentwicklung der EnEV vor allem auch im Vergleich zu anderen Studien zu untersuchen. Insbesondere geht es dabei um die Möglichkeiten zur Verbesserung der Gebäudehülle. Bei Investitionen in die Gebäudehülle handelt es sich um langfristige Investitionen, die voraussichtlich nicht innerhalb der nächsten 30-50 Jahre erneuert werden. Deshalb sollten Anforderungen an die Gebäudehülle besonders nachhaltig sein. Im Gegensatz dazu werden Wärmeerzeuger in der Regel spätestens nach 20-30 Jahren erneuert. Hier wirken sich die Anforderungen nicht so nachhaltig aus, zumal die Investitionskosten im Bereich der Anlagentechnik auch meist nicht so hoch ausfallen.

Das Gutachten bezieht sich ausschließlich auf Wohngebäude. Grundsätzlich sind die hier vorgestellten Maßnahmen auch für Nichtwohngebäude sinnvoll. Das zeigen zum Beispiel in Passivhausbauweise gebaute Nichtwohngebäude. Allerdings bedarf es bei diesen Gebäuden weiterer Untersuchungen, um für diese Gebäude ein kostenoptimales Niveau zu finden.

## II. Entwicklung zum Niedrigstenergiegebäude

Die [EPBD 2010] sieht vor, dass alle Neubauten ab 2020 als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden. Ein Niedrigstenergiegebäude ist ein Gebäude mit einer sehr hohen Gesamtenergieeffizienz. Dabei soll der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden.

Die Gebäudehülle eines Niedrigstenergiegebäudes muss mindestens einen ähnlich hohen Standard wie ein Passivhaus haben. Um das Ziel bis 2020 zu erreichen, müssen dazu die Anforderungen der EnEV schrittweise angepasst werden. Ein mögliches Szenario für die Anpassung der Anforderungen an die Gebäudehülle wird in der folgenden Grafik dargestellt:



Szenario zur Entwicklung der U-Werte für das EnEV-Referenzgebäude  
(eine detaillierte Tabelle ist im Anhang zu diesem Dokument zu finden)

Das Szenario geht davon aus, dass bis 2020 alle Neubauten in einen dem Passivhaus-Standard nahekommenden Standard erbaut werden. Mit dem hier verwendeten **Vorschlag für das Referenzgebäude 2020** erreichen die Gebäude einen spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen, Transmissionswärmeverlust von  $H'_T = 0,17-0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Diese Werte erfüllen die Anforderungen an Effizienzhäuser 40 (nach EnEV 2009). Der spezifische Heizwärmebedarf (pro  $\text{m}^2 A_N$ ) liegt bei  $Q_h/A_N = 21-26 \text{ kWh}/\text{m}^2$ . Mit einer geeigneten Anlagentechnik lassen sich damit die Anforderungen der [EPBD 2010] erfüllen. Alle Zielwerte sind Stand der Technik und lassen sich bereits heute realisieren. Allerdings sind einige Anforderungen (z.B. große Dämmschichtdicken und Fenster mit optimierten Rahmen und 3fach-Verglasung) zur Zeit nicht wirtschaftlich zu erfüllen. Bei einer kontinuierlichen Anhebung der Standards ist jedoch damit zu rechnen, dass sich diese Anforderungen auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten realisieren lassen.

Von dem Vorschlag für das Referenzgebäude 2020 ausgehend, wurden zwei **weitere Stufen (EnEV 2016 und EnEV 2012)** berechnet, bei denen die U-Werte jeweils etwa 20% über der vorhergehenden Stufe liegen. Für die Stufe EnEV 2012 wurde daraufhin die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen U-Werte ermittelt. Grundsätzlich wäre auch die Einführung ab 2020 in einem Schritt möglich. In diesem Fall ist aber eine wirtschaftliche Umsetzung wesentlich schwieriger. Auch fehlen unter Umständen die notwendigen Technologien, wenn sie nicht in Schritten entwickelt werden. Die konsequente Weiterentwicklung der EnEV in mehreren Teilschritten ermöglicht dagegen die

kontinuierliche Entwicklung von Technologien und bietet Planungssicherheit für alle Beteiligten.

Im Gegensatz zur [EnEV 2009] sollten die Werte für das Referenzgebäude auch als **Anforderungswerte für die Erneuerung und Änderung bestehender Bauteile** (Anlage 3 [EnEV 2009]) verwendet werden. Gleiche Anforderungswerte würden außerdem die Anwendung der EnEV erleichtern. Sollten einzelne Ausnahmen notwendig sein, können diese dann (wie bisher auch) im Textteil der Anlage 3 beschrieben werden. Die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen an bestehenden Gebäuden wurde in diesem Gutachten deshalb auf der Grundlage der oben angegebenen Anforderungen für das Referenzgebäude berechnet.

Darüber hinaus entsprechen die vorgeschlagenen U-Werte für die EnEV 2012 auch etwa den U-Werten die in den Begleitgutachten zum Referentenentwurf der EnEV 2012 ([Hauser Verschärfung EnEV, 2012] und in [IWU Evaluierung EnEV, 2011]) für die Weiterentwicklung der Anforderungen der Anlage 3 [EnEV 2009] vorgeschlagen werden.

### III. Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Entscheidend für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Maßnahmen sind die wirtschaftlichen Randbedingungen. Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit selbst, schreibt die [EPBD 2010] die Anwendung der [EU-VO 244/2012] vor. Da das hier festgelegte Rechenverfahren nach DIN EN 15459 jedoch im wesentlichen den gängigen Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsberechnung nach [LEG] bzw. VDI entspricht, wurde in diesem Gutachten die Wirtschaftlichkeit auf der Grundlage des [LEG]-Verfahrens berechnet.

Um ein möglichst realistisches Ergebnis zu bekommen wurden deshalb die Annahmen der Veröffentlichungen [Hauser Verschärfung EnEV, 2012], [IWU Evaluierung EnEV, 2011] und [dena Sanierungsstudie 2] mit einander verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass die Annahmen bezüglich des Markzinssatzes in Höhe von ca. 4,5-5,0 % relativ homogen ausfallen. Auch die angesetzten Baupreise weichen nicht wesentlich voneinander ab. Bei den Betrachtungszeiträumen muss zwischen Modernisierung und Neubau unterschieden werden. Im Bereich Modernisierung liegt der Betrachtungszeitraum einheitlich bei etwa 25 Jahren (nur bei [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] werden 20 Jahre angesetzt). Bei Neubauten wurde jedoch im Gutachten [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] z.T. von nur von einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren für Neubauten ausgegangen. Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung ist dieser Betrachtungszeitraum jedoch für neue Wohngebäude viel zu kurz. Das Steuerrecht sieht für Wohngebäude eine Nutzungsdauer von 50 Jahren vor. Auch Bewertungssysteme (z.B. BNB oder DGNB) sehen eine Nutzungsdauer von 50 Jahren vor. In diesem Gutachten wurde ausgehend davon mit einem Betrachtungszeitraum von 40 Jahren gerechnet, da dieser Zeitraum auch in der Regel der Nutzungsdauer von Dämmschichten (z.B. WDVS) entspricht.

Große Unterschiede sind vor allem bei der Einschätzung der möglichen Energiepreissteigerungen festzustellen. Das Gutachten [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] übernimmt die in [Prognos Energieszenarien, 2010] verwendeten Energiepreissteigerungen (Referenzszenario), die zwischen nominal 1,5-2,7% liegen. Das Gutachten [IWU Evaluierung EnEV, 2011] arbeitet mit nominal 3,5% und 5,5% Energiepreissteigerung und die [dena Sanierungsstudie 2] mit Steigerungsraten zwischen 2-4%. Da sich die Annahmen zur Energiepreissteigerung stark auf die Wirtschaftlichkeit auswirken, wurde die Entwicklung der Energiepreise der letzten Jahre auf der Grundlage der Preisentwicklung der letzten 20 Jahre untersucht (siehe Anlage "Auswertung der Entwicklung von Energiepreisen in Deutschland). Dabei kann man feststellen, dass die jährlichen Änderungen der Energiepreise starken Schwankungen unterliegen. Zudem wird die Entwicklung der Energiepreise von politischen Ereignissen (Wirtschaftskrise 2008 bzw. Liberalisierung des Gasmarktes) stark beeinflusst wird. Erst wenn man größere Zeiträume von 5, 10 oder 20 Jahren betrachtet, kann man eine Tendenz der Entwicklung erkennen. Bei Heizöl stiegen die Verbraucherpreise um durchschnittlich 6-8%, Bei Erdgas stiegen die Preise um 3,2% mit einer deutlichen Abschwächung in den letzten 5 Jahren (Liberalisierung des Gasmarktes). Strom ist in den letzten 5-10 Jahren um 5-6% p.a. gestiegen. Auf 20 Jahre betrachtet, lag der Strompreisanstieg bei 2,7% pro Jahr. Die Fernwärmepreise stiegen um 3,3-3,8 % jährlich. Daraus lässt sich leicht erkennen, dass ein Preisanstieg von etwa 3,5% durchaus auch für die nächsten Jahre realistisch ist. Aufgrund der zunehmenden Knappheit von fossilen Brennstoffen sind aber auch Preissteigerungsraten von 6-8% nicht unrealistisch.

Auf die nach EN 15459 vorgesehene Inflationsbereinigung wurde in diesem Gutachten verzichtet, da die Inflation bei korrekter Bereinigung kaum einen Einfluss auf die Frage der Wirtschaftlichkeit hat.

Für die eigene Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde von folgenden Parametern ausgegangen:

Zinssatz	4,50% (nominal)
Inflation:	2,0% (bleibt unberücksichtigt, da nur mit nominalen Zinssätzen und Preissteigerungsraten gerechnet wird)
Preissteigerungsraten Energiekosten:	2,5%, 3,5%, 5% und 6% (nominal)
Betrachtungszeitraum:	Neubau 40 Jahre Modernisierung 25 Jahre
Nutzungsdauer:	Baukonstruktion 40 Jahre Anlagentechnik 20 Jahre
Energiepreise (2012):	Heizöl EL 8,0 Cent/kWh Gas: 6,5 Cent/kWh Pellets: 5,0 Cent/kWh Strom – Haushaltsstrom: 23,5 Cent/kWh Strom – Wärmepumpe: 19 Cent/kWh

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden auf der Grundlage des LEG-Verfahrens bzw. der VDI 6025 in Verbindung mit VDI 2067 Blatt 1 durchgeführt.

Die Mehrkosten für die Wartung einer kontrollierten Wohnungslüftung im Vergleich zu einer Abluftanlage wurden aus Gründen der Vereinfachung nicht angesetzt.

## IV. Variantenberechnungen - Neubau

Grundlage für die Variantenberechnungen sind die Modellgebäude entsprechend [ZUB Modellgebäude, 2010].

Für die **Stammdaten** wurden die Modellgebäude entsprechend dem Referenzgebäudestandard der EnEV 2009 möglichst 1:1 nachgebildet. Im Rechenverfahren nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 ist das relativ einfach möglich. Bei Berechnungen nach DIN V 18599 gelingt eine 1:1-Nachbildung einiger Parameter des Referenzgebäudes nicht. Deshalb und aus Gründen der Vereinfachung wurde für diese Untersuchung das Rechenverfahren nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 verwendet.

Für die Varianten wurden jeweils die Differenzen für die zusätzliche Dämmstoffdicke bei der Verwendung eines Dämmstoffes mit der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda=0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  berechnet. Für diese Dämmstoffdicken wurde der Einheitspreis entsprechend [IWU Kosten, 2012] bzw. [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] ermittelt. Die hier angenommenen Kostenansätze wurden mit den Kostenansätzen der anderen im Literaturverzeichnis verwendeten Untersuchungen verglichen. Dabei konnten keine wesentlichen Abweichungen festgestellt werden.

### 1. Variante Hauser B

Die Variante "Hauser B" basiert auf den in [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] gewählten Modernisierungsvarianten. Hier wurden folgende zusätzliche energetischen Maßnahmen gegenüber den Stammdaten (EnEV 2009) realisiert:

- **Außenwände**  
 $U=0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – zusätzlich 2,08 cm Dämmstoff  
Mehrkosten: 4,66 €/m<sup>2</sup>
- **Fenster**  
 $U_w=0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – 3fach-Verglasung, bessere Rahmen  
Mehrkosten: 50 €/m<sup>2</sup>
- **obersten Geschossdecken / Dachflächen**  
 $U=0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – zusätzlich 4,38 cm Dämmstoff  
Mehrkosten: 11,40 €/m<sup>2</sup> für oberste Geschossdecken  
Mehrkosten: 16,10 €/m<sup>2</sup> für Steildachflächen  
Mehrkosten: 12,45 €/m<sup>2</sup> für Flachdachflächen
- **Bodenplatten und erdberührte Bauteile**  
 $U=0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – zusätzlich 1,67 cm Dämmstoff  
Mehrkosten: 4,14 €/m<sup>2</sup>

Diese Variante wurde ebenso wie die folgende Variante lediglich zu Vergleichszwecken mit aufgenommen. Durch die ungünstige Kombination von Maßnahmen ergibt sich für diese Maßnahmenpakete erst ab 5-6% Energiepreissteigerung eine Wirtschaftlichkeit. Ungünstig wirkt sich vor allem die Aufnahme der Fenster mit  $U_w=0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  und der Dachflächen mit  $U=0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  in das Paket auf die Wirtschaftlichkeit aus.

### 2. Variante Hauser B + WLA

Die Variante Hauser B + WLA enthält als zusätzliche Komponente noch eine kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung und Gleichstrommotor (DC). Weitere Informationen siehe Varianten "Hauser B" und "WLA DC 80%".



### 3. Variante Außenwand

Mit dieser Variante soll die Verschärfung des U-Wertes im Bereich der Außenwände überprüft werden. Wie die Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen, ist die bessere Dämmung der Außenwände eine besonders wirtschaftliche Maßnahme. Zudem ist von dieser Maßnahme meist eine besonders große Fläche betroffen, so dass sich diese Maßnahme auf die Gesamtenergiebilanz deutlich auswirkt. Außerdem hat die Außenwand im Referenzgebäude der EnEV 2009 einen unverhältnismäßig hohen U-Wert im Vergleich zu anderen Bauteilen, die an die Außenluft grenzen. Deshalb ist hier eine Korrektur sinnvoll. Zum Vergleich wurden 2 verschiedene Zielwerte untersucht.

- **Außenwände 0,22**  
U=0,22 W/(m<sup>2</sup>K) – zusätzlich 3,4 cm Dämmstoff  
Mehrkosten: 8,30 €/m<sup>2</sup>
- **Außenwände 0,20**  
U=0,20 W/(m<sup>2</sup>K) – zusätzlich 5,0 cm Dämmstoff  
Mehrkosten: 12,20 €/m<sup>2</sup>

Aus baupraktischer Sicht ergibt sich auch kein Grund für den in der [EnEV 2009] festgelegten hohen Wert (U=0,28 W/(m<sup>2</sup>K)) für die Außenwände im Referenzgebäude. Fast in allen Bauweisen lassen sich bereits mit heute verfügbaren Techniken Außenwände mit U-Werten von bis zu U=0,15 W/(m<sup>2</sup>K) problemlos herstellen. Im Gebäudebestand werden bereits jetzt für Wärmedämmverbundsysteme in der Regel höhere Dämmstoffdicken verwendet, als nach EnEV notwendig wären, und zwar auch bei ungeforderten Projekten. Um einen U-Wert von 0,28 W/(m<sup>2</sup>K) zu erreichen, ist eine 11 cm dicke Dämmschicht ( $\lambda=0,035$  W/(mK)) ausreichend. Übliche Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) werden zur Zeit aber eher in einer Dicke von 14-16 cm hergestellt.

### 4. Variante Bodenplatte / Kellerwand

Wegen der geringen zusätzlich erforderlichen Dämmstoffdicke wird auch die Verringerung des U-Wertes von Bodenplatten und erdberührten Bauteilen vorgeschlagen.

- **Bodenplatten und erdberührte Bauteile (Kellerwand)**  
U=0,30 W/(m<sup>2</sup>K) – zusätzlich 1,7 cm Dämmstoff  
Mehrkosten: 4,20 €/m<sup>2</sup>

Da für die Verbesserung des U-Wertes im Bereich von Bauteilen zu unbeheizten Räumen und zum Erdreich nur geringe Mehrkosten entstehen, ist eine Verringerung des U-Wertes in diesem Bereich unproblematisch.

### 5. Variante Fenster

Bei den Fenstern hat sich in den letzten Jahren vor allem der U-Wert für die Verglasung verbessert. Dagegen hat sich der U-Wert der Rahmen nur wenig verbessert. Da die Grenze der Verwendung einer 2-fach-Verglasung bei herkömmlichen Rahmen bei etwa einem U<sub>w</sub>-Wert von ca. 1,3 liegt, könnte eine Verringerung des Wertes auf 1,2 W/(m<sup>2</sup>K) die Weiterentwicklung besserer Rahmen fördern. Die Kosten für eine geringfügige Verbesserung halten sich zudem in Grenzen.

- **Fenster**  
U<sub>w</sub>=1,2 W/(m<sup>2</sup>K) – insbesondere durch bessere Rahmen  
Mehrkosten: 20,00 €/m<sup>2</sup>

## 6. Variante Flachdach

Flachdächer werden bereits heute oft mit bis zu 20 cm Dämmstoffdicke gedämmt. Eine moderate Verringerung des Anforderungswertes scheint deshalb möglich. Denn bei Flachdächern spielt die Höhe der Dämmschicht baupraktisch fast keine Rolle.

- **Flachdach**

U=0,18 W/(m<sup>2</sup>K) – zusätzlich 1,9 cm Dämmstoff  
Mehrkosten: 5,50 €/m<sup>2</sup>

## 7. Variante WLA DC 80%

Der Einsatz einer kontrollierten Wohnungslüftung ist notwendig, um in gut gedämmten und luftdicht gebauten Gebäuden einen hygienischen Luftwechsel zu ermöglichen. Leider ist diese Technik, gemessen an den möglichen Einsparungen an Endenergie, jedoch relativ teuer.

- **Kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung**

mit Wärmerückgewinnung 80%

ohne Vorwärmung (Frostschutz durch Ausschaltung ab -2°C), ohne EWT oder Sole-WT Gleichstrommotor (DC)

Mehrkosten EFH: 28 €/m<sup>2</sup> A<sub>N</sub>

Mehrkosten MFH: 31 €/m<sup>2</sup> A<sub>N</sub>

## 8. Varianten Hülle 2012 und Hülle + WLA 2012

Diese Varianten kombinieren die vorgenannten Varianten: Außenwand (U=0,22 W/(m<sup>2</sup>K)), Bodenplatte/Kellerwand/Kellerdecke, Fenster, Flachdach und ggf. WLA DC 80% zu sinnvollen Maßnahmenpaketen unter besonderer Beachtung der Kosteneffizienz.

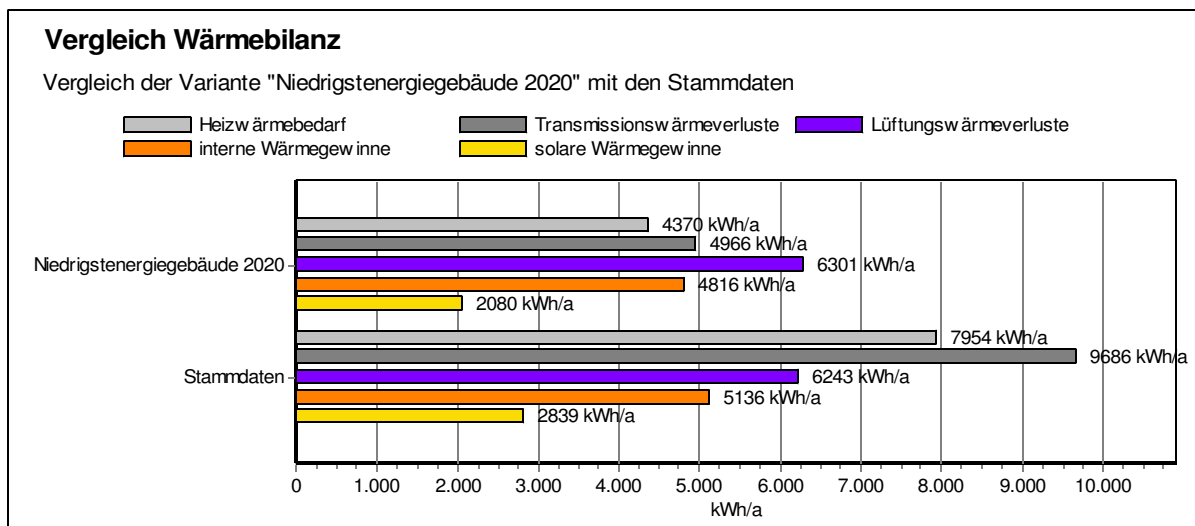
## V. Wirtschaftlichkeit der Varianten für Neubauten

Die Variantenberechnungen bestätigen, dass die zur Novellierung der EnEV vorgeschlagenen Maßnahmen an der Gebäudehülle sowohl als Einzelmaßnahmen als auch im Paket ein kostenoptimales Niveau für die Definition von Mindestanforderungen im Sinne der [EPBD 2010] darstellen. Bereits ab einer Preissteigerung von 2,5-3,5% für die Energiekosten sind diese Maßnahmen im Paket wirtschaftlich. Zudem bieten die vorgeschlagenen Werte eine gute Basis, um das Ziel der [EPBD 2010] zu erreichen, ab 2020 alle Neubauten als Niedrigstenergiegebäude zu bauen.

Natürlich verhält sich die Wirtschaftlichkeit nicht bei allen Maßnahmen gleich. So sind die erhöhten Anforderungen bei Außenwänden, Kellerdecken und Bodenplatten wirtschaftlich attraktiver als die vorgeschlagenen Verbesserungen im Bereich der Flachdachdämmung und der Fenster. Deshalb wurden gerade in den Bereichen, deren Wirtschaftlichkeit weniger günstig ist, geringere Verbesserungen vorgeschlagen. Trotzdem ist es gerade bei den Fenstern wichtig, durch eine geringe Anhebung des Niveaus die Innovation zu fördern, die notwendig ist, damit bis 2020 die dann notwendigen Produkte flächendeckend und kostengünstig zur Verfügung stehen.

Durch die höheren Anforderungen an die Gebäudehülle verringert sich der Energiebedarf um ca. 6-7 % bei einer Ausführung entsprechend dem Referenzgebäudestandard.

Die Wirtschaftlichkeit haustechnischer Anlagen wurde nur bezüglich der kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung untersucht. Diese Technik ist deshalb besonders wichtig, weil die Lüftungswärmeverluste mit zunehmender Verbesserung der Gebäudehülle einen wesentlichen Anteil der Gesamtverluste des Gebäudes ausmachen:



Vergleich Wärmebilanz Gebäude nach EnEV 2009 und Niedrigstenergiegebäude für das Modellgebäude DHH\_nord jeweils ohne WLA mit WRG

Bei einem Gebäude nach [EnEV 2009] überwiegen noch die Transmissionswärmeverluste. Setzt man aber den in diesem Gutachten definierten Niedrigstenergiegebäudestandard für die Gebäudehülle ein, dann überwiegen die Lüftungswärmeverluste deutlich.

Eigentlich wäre aus energetischer Sicht deshalb bereits heute eine kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung sinnvoll. Aus Kostengründen und aus Gründen mangelnder Wirtschaftlichkeit und ungeklärter Brandschutzanforderungen wird jedoch meist auf diese energetisch und auch hygienisch sehr sinnvolle Maßnahme verzichtet. Das ist deshalb besonders kritisch, weil Lüftungsanlagen einen nicht unerheblichen Platzbedarf haben und deshalb im Bestand nur schlecht nachzurüsten sind.

Um die Attraktivität und die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen zu verbessern, wird deshalb vorgeschlagen, den Einbau einer kontrollierten Wohnungslüftung im Neubau gezielt zu fördern.

Durch die Kombination der vorgeschlagenen Maßnahmen an der Gebäudehülle mit einer kontrollierten Wohnungslüftung kann eine deutlich höhere Reduktion des Energiebedarfs erzielt werden. Das Potential liegt bei insgesamt 25-30%.

## VI. Variantenberechnungen – Bestand

Für die Untersuchung wurden 2 Modellgebäude berechnet:

- Einfamilienhaus klein (unbeheizter Keller)
- Mehrfamilienhaus klein (unbeheizter Keller, 6 WE)

Es wurde folgende Ausstattung im Bestand angenommen:

<b>Kennwert</b>	<b>Einfamilienhaus</b>	<b>Mehrfamilienhaus</b>
Baualtersklasse	1969 – 1978	1958 – 1968
Außenwand	Mauerwerk $U=1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Mauerwerk $U=1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Steildach	Holzkonstruktion, Dämmschicht ca. 6 cm $U = 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
oberste Geschossdecke bzw. Kehlbalckenlage	Holzbalkendecke $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
Flachdach		massiv, Dämmschicht 6 cm $U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Kellerdecke	Holzbalkendecke $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Stahlbeton/Stahlsteindecke Trittschalldämmung 2cm $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Fenster	Doppelverglaste Fenster $U = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}), g=0,75$	Doppelverglaste Fenster $U = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}), g=0,75$
Außentür	$U = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Wärmebrücken	psch. $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	psch. $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Heizung	Niedertemperatur-Heizkessel, Heizöl, Aufstellung im unbeheizten Keller, Systemtemperatur 70/55°C, Wärmeübergabe freie Heizflächen, 2K, unregelmäßige Pumpen	
Warmwasserbereitung	Zentrale TWW Bereitung über Hzg., Speicher im Keller, keine Zirkulation	Zentrale TWW Bereitung über Hzg., Speicher im Keller, Zirkulation vorh.
$H_T$ im Bestand	$1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$1,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
$H_T$ Ref.Gebäude EnEV 2009	$0,37 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$0,44 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Die untersuchten Gebäude entsprechen den Modellgebäuden aus [ZUB Modellgebäude, 2010] mit den o.g. Eigenschaften. Die Kosten für energetische Modernisierungen entsprechen den in [IWU Kosten, 2012] und anderen Publikationen zur Zeit verwendeten Kostenansätzen.

Da die Wirtschaftlichkeit von Modernisierungsmaßnahmen stark von den im Bestand vorhandenen Gebäuden abhängt, können diese beiden Modellrechnungen nur als Beispiele angesehen werden.

Die Zielwerte für die zu erreichenden U-Werte bei der Erneuerung von Bauteilen entsprechen den U-Werten in den Vorschlägen für das Referenzgebäude 2012 (siehe unter II.). Bei diesen Zielwerten sind höhere Anforderungen in der Anlage 3 nicht mehr sinnvoll und auch nicht mehr wirtschaftlich darstellbar.

## 1. Variante Außenwand

Bei der Dämmung der Außenwände wurden 2 Varianten untersucht. In der ersten Variante wurde ein Zielwert von  $U=0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vorgegeben, in der zweiten Variante ein Zielwert von  $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Durch unterschiedliche Ausgangsvoraussetzungen (im Einfamilienhaus wurde mit einem U-Wert von  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  im Bestand und im Mehrfamilienhaus wurde mit  $U=1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  im Bestand gerechnet), konnte auch der Einfluss unterschiedlicher Bestands-Außenwände simuliert werden.

### Außenwände Einfamilienhaus

Änderung des U-Wertes	zusätzliche Dämmschicht	Vollkosten	energetisch bedingte Mehrkosten
1,00 → 0,22	14,0 cm	122 €/m <sup>2</sup>	49 €/m <sup>2</sup>
1,00 → 0,20	15,9 cm	127 €/m <sup>2</sup>	54 €/m <sup>2</sup>

### Außenwände Mehrfamilienhaus

Änderung des U-Wertes	zusätzliche Dämmschicht	Vollkosten	energetisch bedingte Mehrkosten
1,30 → 0,22	14,8 cm	127 €/m <sup>2</sup>	54 €/m <sup>2</sup>
1,30 → 0,20	16,8 cm	132 €/m <sup>2</sup>	59 €/m <sup>2</sup>

## 2. Variante oberste Geschossdecke

Bei obersten Geschossdecken gibt es meist keinen Instandsetzungsbedarf. Daher entsprechen die Vollkosten den energetisch bedingten Mehrkosten. Bei der Kalkulation wurde von einer begehbaren Dämmschicht (druckfest und oberseitig mit einer Holzspanplatte bekleidet) ausgegangen, die auf eine vorhandene Decke aufgelegt wird.

Änderung des U-Wertes	zusätzliche Dämmschicht	Vollkosten	energetisch bedingte Mehrkosten
0,80 → 0,20	13,1 cm	53 €/m <sup>2</sup>	53 €/m <sup>2</sup>

## 3. Variante Steildach

Steildächer werden entweder gedämmt, wenn das Dachgeschoss ausgebaut werden soll oder wenn die Dachdeckung erneuert wird. Meist wird in diesem Zusammenhang die Dämmschicht vollständig erneuert.

Änderung des U-Wertes	zusätzliche Dämmschicht	Vollkosten	energetisch bedingte Mehrkosten
0,60 → 0,20	11,7 cm	222 €/m <sup>2</sup>	27 €/m <sup>2</sup>

#### 4. Variante Flachdach

Energetische Modernisierungen von Flachdächern finden in der Regel im Zusammenhang mit der ohnehin notwendigen Instandsetzung der Dachflächen statt. Meist wird in diesem Zusammenhang die Dämmung vollständig ausgetauscht.

Änderung des U-Wertes	zusätzliche Dämmschicht	Vollkosten	energetisch bedingte Mehrkosten
0,60 → 0,18	13,6 cm	207 €/m <sup>2</sup>	42 €/m <sup>2</sup>

#### 5. Variante Kellerdecke

Bei der Dämmung der Kellerdecken wurde von einer Holzbalkendecke im Einfamilienhaus und einer Massivdecke im Mehrfamilienhaus ausgegangen. Da für die Kellerdecke in der Regel kein Instandsetzungsbedarf besteht, entsprechen die energetisch bedingten Mehrkosten den Vollkosten. Es wurde davon ausgegangen, dass lediglich eine kaschierte Dämmschicht ohne zusätzliche Bekleidung verwendet wird.

Änderung des U-Wertes	zusätzliche Dämmschicht	Vollkosten	energetisch bedingte Mehrkosten
EFH 0,80 → 0,30	7,3 cm	35 €/m <sup>2</sup>	35 €/m <sup>2</sup>
MFH 1,10 → 0,30	8,5 cm	37 €/m <sup>2</sup>	37 €/m <sup>2</sup>

#### 6. Variante Fenster

Bei den Fenstern ist eine erhebliche Kostendifferenz zwischen Ein- und Mehrfamilienhaus festzustellen. Deshalb wird hier mit unterschiedlichen Kostenansätzen gerechnet. Energetisch bedingte Mehrkosten entstehen nur, wenn bessere Fenster als Fenster mit einem U<sub>w</sub>-Wert von 1,3 W/(m<sup>2</sup>K) eingebaut werden, da Fenster mit einem höheren U<sub>w</sub>-Wert als 1,3 W/(m<sup>2</sup>K) auf dem Markt fast nicht mehr angeboten werden.

Änderung des U-Wertes	Änderung des g-Wertes	Vollkosten	energetisch bedingte Mehrkosten
EFH 2,70 → 1,20	0,75 → 0,60	340 €/m <sup>2</sup>	20 €/m <sup>2</sup>
MFH 2,70 → 1,20	0,75 → 0,60	280 €/m <sup>2</sup>	20 €/m <sup>2</sup>

#### 7. Variante Hülle 2012

Diese Varianten kombinieren die vorgenannten Varianten: Außenwand, Kellerdecke, Fenster, Flachdach, Steildach und oberste Geschossdecke.

## VII. Wirtschaftlichkeit der Varianten für Bestandsgebäude

Bei der energetischen Modernisierung von Bestandsgebäuden ist jeweils zwischen Vollkosten und energetisch bedingten Mehrkosten zu unterscheiden. Außerdem hat sich auch im Rahmen dieser Untersuchung bestätigt, dass die Wirtschaftlichkeit stark vom Ausgangszustand des bestehenden Gebäudes abhängt.

Da die Wirtschaftlichkeit von energetischen Maßnahmen stark vom **energetischen Zustand des Bestandes** abhängt, sollten, wie bereits bei den Außenwänden, für alle Bauteile U-Werte definiert werden, bis zu denen auf eine energetische Verbesserung verzichtet werden kann. Der Verzicht sollte jedoch in jedem Fall daran gekoppelt werden, dass die bestehenden Dämmschichten nicht erneuert werden. In [Oberste Geschossdecken, 2011], sowie in [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] (S. 84ff.), wurden diese Berechnungen bereits beispielhaft beschrieben. Besonders unglücklich ist in diesem Zusammenhang die Regelung in § 10 Abs. 3 ff. [EnEV 2009], die sich auf die Dämmung oberster Geschossdecken bezieht. Hier sollte eine eindeutige U-Wert-Grenze festgelegt werden, ab der oberste Geschossdecken nachzurüsten sind. Bei Außenwänden liegt die Grenze bei etwa  $U=0,8 - 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , die sowohl in [IWU Evaluierung EnEV, 2011] als auch bei [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht und bestätigt wurde. Die Grenze ist wiederum abhängig vom geforderten Standard und den damit zusammenhängenden Kosten.

Sowohl bei [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] (siehe S. 87) als auch in [IWU Evaluierung EnEV, 2011] (S. 60) werden bei den Nachrüstungsverpflichtungen Verschärfungen in Höhe der hier vorgeschlagenen Höhe und sogar noch weitergehende Absenkungen der max. U-Werte als wirtschaftlich angesehen.

Neben der bestehenden **Nachrüstungsverpflichtung** für die obersten Geschossdecken wäre aus wirtschaftlicher Sicht grundsätzlich auch die Dämmung der Außenwände und der Kellerdecken als Nachrüstungsverpflichtung denkbar. Denn bei diesen beiden Maßnahmen amortisieren sich die Vollkosten innerhalb des Betrachtungszeitraumes bereits ab einem Zinssatz von 2,5% und innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Alle anderen Maßnahmen sind nur wirtschaftlich, wenn sie im Zusammenhang mit einer ohnehin notwendigen Instandsetzung durchgeführt werden.



## VIII. Weitere Vorschläge zur Novellierung der EnEV

Bei [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] werden neben der Diskussion über mögliche Verschärfungen der energetischen Qualität der Gebäudehülle und der Anlagentechnik auch weitere Regelungen der EnEV 2009 untersucht.

Besonders hervorzuheben ist die Idee, die **Nebenanforderung** (max. Wert für  $H'_T$ ) über einen Kennwert im Vergleich zum Referenzgebäude zu begrenzen ( $H'_{T,max} = 1,3 * H'_{T,Ref.}$ ). Diese Idee (siehe [Hauser Verschärfung EnEV, 2012], S. 13ff), im Zusammenhang mit einer Begrenzung der anzurechnenden Fensterfläche, führt zu einer sehr transparenten, einfachen Regelung.

Problematisch in der bestehenden EnEV 2009 sind auch die niedrigen **Primärenergiefaktoren von Holzheizungen und Fernwärmezertifikaten**. Durch die niedrigen Faktoren wird eine schlechte Ausstattung der Gebäudehülle gefördert. Außerdem führen diese Kombinationen dazu, dass so errichtete Gebäude dauerhaft überdurchschnittlich hohe Betriebskosten haben werden. Den im Gegensatz zur Nutzung von Erdwärme oder Solarstrahlung werden durch die Nutzung von Fernwärme oder Holz keine Kosten für Endenergie gespart.

Bei der Definition des **Referenzgebäudes** sollte darauf geachtet werden, dass die Referenzgebäude für Wohngebäude und Nichtwohngebäude einheitlich ausgestattet werden. Möglichst sollten die Referenzgebäude zusammengelegt werden. Vorgeschlagen wird zudem, die Anforderungen der Anlage 3 mit niedrigen U-Werten des Referenzgebäudes anzugleichen (wie in diesem Gutachten vorgeschlagen). Einheitliche niedrige U-Werte führen zu energieeffizienten Gebäudehüllen und einer für die Anwender übersichtlichen Verordnung.

**Ausnahmetatbestände** in der bisherigen Verordnung sollte soweit wie möglich begrenzt werden. Das dient ebenfalls der Verbesserung der Anwendung und führt zu einer höheren Energieeffizienz, da nur noch dann schlechtere Lösungen eingebaut werden, wenn die Wirtschaftlichkeit nachweislich nicht vorhanden ist und ein Eigentümer die Hürde einer Ausnahmegenehmigung auf sich nimmt. Mit einer Zunahme des Verwaltungsaufwandes ist dabei nicht zu rechnen, da ein großer Teil der Eigentümer den Aufwand des Verfahrens scheuen wird, wenn sich die Maßnahmen nur in geringem Maße als unwirtschaftlich erweisen.

In den nächsten Jahren sollte zudem überlegt werden, wie das **EEWärmeG** mit der EnEV vereint werden kann.

## IX. Zusammenfassung

Durch die weitere energetische Verbesserung der Gebäudehülle kann es gelingen, bis 2020 in drei Schritten (Vorschlag: 2012, 2016 und 2020) den Niedrigstenergiegebäudestandard zu erreichen. Diese Maßnahmen müssen aber spätestens in einem zweiten Schritt mit Maßnahmen zur Verringerung des Lüftungswärmebedarfs und mit Maßnahmen zur besseren Nutzung regenerativer Energien verbunden werden.

Durch gezielte Forderungen zur Verbesserung der Gebäudehülle im ersten Schritt 2012 und die Förderung der Entwicklung von Effizienzverbesserungen im Anlagenbereich, können in zwei weiteren Schritten Verbesserungen an der Gebäudehülle und Anlagentechnik verknüpft werden. Auf diese Weise lassen sich die Anforderungen der [EPBD 2010] auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bis 2020 umsetzen.

Im Gegensatz zum Gutachten [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] wurde in diesem Gutachten versucht, möglichst realistische Werte für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu verwenden (insbesondere Berechnungszeitraum und Preisentwicklung der Energiekosten). Darüber hinaus war es ein wichtiges Anliegen, aus baupraktischer und wirtschaftlicher Sicht, sinnvolle Maßnahmen festzustellen und miteinander zu Maßnahmenpaketen zu kombinieren. Dazu gehört auch ein ausgewogenes Verhältnis der U-Werte der gesamten Gebäudehülle zueinander. Dabei hat sich auch gezeigt, dass eine Angleichung der Anforderungen an die U-Werte von Außenwänden und Dachflächen wirtschaftlicher ist, als die weitere Verringerung der U-Werte der Dachflächen. Wegen der ungünstigen wirtschaftlichen Auswirkungen wurde auch von einer deutlichen Absenkung des U-Wertes für Fenster abgesehen. Trotzdem wird eine geringfügige Absenkung des U-Wertes für Fenster vorgeschlagen, um die Weiterentwicklung der Technologien in diesem Bereich voranzutreiben.

Berlin, 27.08.2012



## Literatur

- [ARGE Wohnungsbau, 2011] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.: Wohnungsbau in Deutschland – 2011; Modernisierung oder Bestandsersatz, März 2011
- [dena Sanierungsstudie 1, 2010] dena-Sanierungsstudie; Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand, 12/2010
- [dena Sanierungsstudie 2, 2012] dena-Sanierungsstudie; Teil 2: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung in selbstgenutzten Wohngebäuden, 03/2012
- [Energiedaten 2012] Bundesministerium für Wirtschaft: Energiedaten, Stand 19.4.2012
- [EnEV 2009] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) vom 29.4.2009
- [EPBD 2010] Richtlinie 2010/31/EU vom 19.5.2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- [EU-VO 244/2012] Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten
- [Hauser Verschärfung EnEV, 2012] Hauser et al.: Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit, Juni 2012, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 05/2012
- [IWU Evaluierung EnEV, 2011] Institut für Wohnen und Umwelt: Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau, Forschungsprogramm Zukunft Bau, Endbericht August 2011
- [IWU Kosten, 2012] Institut für Wohnen und Umwelt: Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden, Juni 2012, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 07/2012
- [LEG] Heizenergie im Hochbau - Leitfaden Energiebewußte Gebäudeplanung (LEG), 05/1996
- [Oberste Geschossdecken, 2011] Müller: Oberste Geschossdecke – Auslegungsfragen zur EnEV; in Gebäudeenergieberater 09/2011
- [Prognos Energieszenarien, 2010] Prognos et al.: Studie Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, 08/2010

[ZUB Modellgebäude, 2010] Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.: Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit, Forschungsprogramm Zukunft Bau, 10/2010

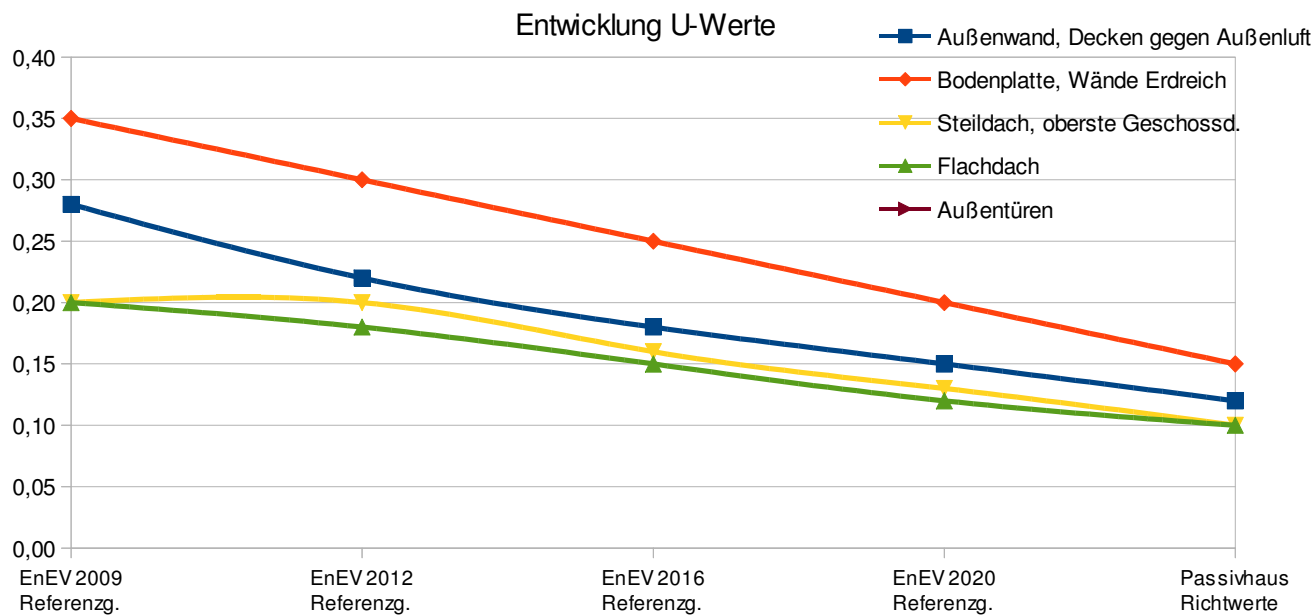
## Anlagen

- Vorschlag für Zielwerte für die U-Werte der Gebäudehülle bis 2020
- Ansätze für Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Auswertung der Entwicklung von Energiepreisen in Deutschland
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Gebäudemodelle im Neubau
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Gebäudemodelle im Altbau

# Anlage: Vorschlag zur Entwicklung der U-Wert Vorgaben

Novellierungen der EnEV 2012 bis 2020

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bauteil	EnEV 2007 Anlage 3	EnEV 2009 Referenzg.	EnEV 2009 Anlage 3	=4/3	KfW Einzelmaßn.	=6/3	EnEV 2012 Referenzg.	Neubau =8/3	Bestand =8/2	EnEV 2016 Referenzg.	EnEV 2020 Referenzg.	Passivhaus Richtwerte	=12/13
Innendämmung von Außenwänden	0,45	-	0,35		(0,45)		-			-	-	-	
Außenwand, Decken gegen Außenluft	0,35	0,28	0,24	85,7%	0,20	71,4%	<b>0,22</b>	78,6%	62,9%	0,18	<b>0,15</b>	0,12	125,0%
Bodenplatte, Wände Erdreich	0,40	0,35	0,30	85,7%	0,25	71,4%	<b>0,30</b>	85,7%	75,0%	0,25	<b>0,20</b>	0,15	133,3%
Steildach, oberste Geschossd.	0,30	0,20	0,24	120,0%	0,14	70,0%	<b>0,20</b>	100,0%	66,7%	0,16	<b>0,13</b>	0,10	130,0%
Flachdach	0,25	0,20	0,20	100,0%	0,14	70,0%	<b>0,18</b>	90,0%	72,0%	0,15	<b>0,12</b>	0,10	120,0%
Außentüren	-	1,80	-			0,0%	<b>1,50</b>	83,3%		1,20	<b>1,00</b>	1,00	100,0%
Fenster	1,7	1,3	1,3	100,0%	0,95	73,1%	<b>1,2</b>	92,3%	70,6%	1,0	<b>0,8</b>	0,7	114,3%
Fenster mit Sonderverglasungen	2,0	1,3	2,0	153,8%	1,3	100,0%	<b>1,3</b>	100,0%	65,0%	1,1	<b>1,0</b>	1,0	100,0%
Vorhangfassaden	1,9	1,4	1,5	107,1%	-		<b>1,3</b>	92,9%	68,4%	1,0	<b>0,8</b>	0,8	100,0%
Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	2,3	1,4		0,0%	-		<b>1,3</b>	92,9%	56,5%	1,1	<b>1,0</b>	1,0	100,0%
Dachflächenfenster	1,7	1,4	1,4	100,0%	1,0	71,4%	<b>1,3</b>	92,9%	76,5%	1,1	<b>0,9</b>	1,0	90,0%
Lichtkuppeln	-	2,7	-		-		<b>1,5</b>	55,6%		1,1	<b>0,9</b>	1,0	90,0%
Lichtbänder	-	2,7	-		-		<b>1,5</b>	55,6%		1,1	<b>0,9</b>	1,0	90,0%
Glasdächer	-	2,4	2,0	83,3%	-		<b>1,5</b>	62,5%		1,1	<b>0,9</b>	1,0	90,0%
Wärmebrücken	-	0,05	-				<b>0,05</b>	100,0%		0,03	<b>0,00</b>	0,00	100,0%



## Anlage: Ansätze Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Kennwert	Hauser	IWU	dena 2	Vorschlag
Marktzinssatz	4,50%	5,00%	4,60%	4,50%
Inflation	1,00%	2,00%	-	2,00%
Zinssatz real	3,47%	2,94%	-	2,45%

### Energiepreissteigerung nominal

Energiepreissteigerung gering	1,51%	-	2,00%	2,50%
Energiepreissteigerung mittel	2,31%	3,50%	3,00%	3,50%
Energiepreissteigerung hoch	2,72%	5,50%	4,00%	6,00%

### Energiepreissteigerung real (Inflationsbereinigt)

Energiepreissteigerung gering	0,50%	-	-	0,49%
Energiepreissteigerung mittel	1,30%	1,47%	-	1,47%
Energiepreissteigerung hoch	1,70%	3,43%	-	3,92%

Betrachtungszeitraum	20a Neub. 20a San.	25a San.	25a San.	40a Neub. 25a San.
Nutzungsdauer Wärmeschutz		40a		
Nutzungsdauer Fenster		25a		
Nutzungsdauer Anlagentechnik		15a		

Energiepreise aktuell	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh
Öl	7,5	6,5	6	8
Gas	7,5	6,5	7	6,5
Pellets	4,5	5	4,7	5
Strom – Haushaltsstrom	22	22	-	23,5
Strom – Wärmepumpe	-	15	-	19

### Quellen:

**[Hauser]** Hauser et al.: Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit, Juni 2012, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 05/2012

**[IWU]** Institut für Wohnen und Umwelt: Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau, Forschungsprogramm Zukunft Bau, Endbericht August 2011

**[dena 2]** dena-Sanierungsstudie; Teil 2: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung in selbstgenutzten Wohngebäuden, 03/2012

## Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes

Energiedaten  
Tabelle 26  
19.01.2012

Deutschland

Einheit	1991	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
---------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Rohöl <sup>b)</sup>	S/b	18,62	23,12	24,36	28,10	36,05	50,64	61,08	69,10	94,10	60,86	77,38	107,44
---------------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

### Einfuhrpreise:

	Einheit	1991	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
- Rohöl	Euro/t	128,76	201,60	191,36	190,13	221,74	314,47	379,01	389,24	484,14	324,22	446,00	592,82
			-11,27%	-5,08%	-0,64%	16,63%	41,82%	20,52%	2,70%	24,38%	-33,03%	37,56%	32,92%
- Erdgas	€/TJ	2,439	3,875	3,238	3,401	3,288	4,479	5,926	5,550	7,450	5,794	5,725	7,236
			30,60%	-16,44%	5,03%	-3,32%	36,22%	32,31%	-6,34%	34,24%	-22,24%	-1,18%	26,39%
- Steinkohlen	Euro/t SKE	45,36	53,18	44,57	39,87	55,36	65,02	61,76	68,24	112,48	78,81	85,33	106,80

### Verbraucherpreise:

Haushalte (einsch. MWST):													
- Heizöl leicht	Euro/100 l	26,38	38,45	35,14	36,46	40,60	53,59	59,30	58,63	77,13	53,47	65,52	81,62
			-5,80%	-8,61%	3,75%	11,36%	31,98%	10,66%	-1,13%	31,56%	-30,68%	22,55%	24,57%
- Erdgas <sup>2)</sup>	Cent/kWh	3,55	4,84	4,53	4,76	4,82	5,34	6,33	6,51	7,10	6,98	6,36	6,66
			23,07%	-6,39%	5,07%	1,11%	10,91%	18,40%	2,93%	9,07%	-1,67%	-8,91%	4,65%
- Strom <sup>3)</sup>	Cent/kWh	14,80	15,44	16,08	16,86	17,51	18,23	18,91	20,15	21,43	22,72	23,42	25,08
			3,45%	4,14%	4,85%	3,86%	4,10%	3,75%	6,55%	6,34%	6,04%	3,06%	7,07%
- Briketts	€/100 kg	22,39	28,54	29,21	29,35	29,69	30,15	30,72	31,52	31,86	31,83		
- Fernwärme	€/GJ	11,86	15,69	15,78	15,94	15,96	17,15	19,27	20,50	21,73	22,95	21,38	22,85
			17,17%	0,53%	1,03%	0,14%	7,48%	12,34%	6,40%	6,00%	5,58%	-6,81%	6,84%
Industrie (ohne MWST)													
- Heizöl schwer <sup>4)</sup>	Euro/t	114,70	168,57	184,42	187,34	175,03	242,64	296,13	288,64	394,46	305,65	395,50	512,68
- Heizöl leicht <sup>5)</sup>	Euro/hl	20,32	29,13	26,65	27,55	31,61	42,42	47,58	46,83	61,76	40,81	52,31	66,51
			-8,36%	-8,51%	3,37%	14,75%	34,19%	12,15%	-1,57%	31,88%	-33,93%	28,18%	27,16%
- Erdgas <sup>5)</sup>	Cent/kWh	1,47	2,14	1,95	2,16	2,12	2,46	2,91	2,77	3,36	3,15	2,93	
			26,81%	-8,88%	10,31%	-1,68%	16,08%	18,21%	-4,74%	21,30%	-6,25%	-6,98%	
- Strom <sup>5)</sup>	Cent/kWh	6,91	4,89	5,15	5,79	6,19	6,76	7,51	7,95	8,82	10,04	9,71	
			11,21%	5,32%	12,43%	6,91%	9,21%	11,15%	5,81%	10,88%	13,94%	-3,29%	
Verkehr (einsch. MWST)													
- Normalbenzin	Euro/l	0,65	1,00	1,03	1,08	1,12	1,20	1,27	1,33	1,40	1,28		
			0,88%	2,61%	4,64%	4,17%	7,50%	5,63%	4,28%	5,59%	-8,63%		
- Superbenzin			1,02	1,05	1,10	1,14	1,23	1,29	1,34	1,40	1,28	1,42	1,56
- Dieselmotoren <sup>6)</sup>	Euro/l	0,55	0,82	0,84	0,89	0,94	1,07	1,12	1,17	1,34	1,09	1,23	1,43
			2,18%	2,16%	5,94%	6,05%	13,48%	5,02%	4,29%	14,31%	-18,66%	12,83%	15,86%

### Preisindizes

	2005=100	75,9	94,5	95,9	96,9	98,5	100,0	101,6	103,9	106,6	107,0	108,2	110,7
- Lebenshaltung			1,94%	1,48%	1,04%	1,65%	1,52%	1,60%	2,26%	2,60%	0,38%	1,12%	2,31%
- Einfuhr		92,7	100,1	97,9	95,7	96,7	100,0	104,4	105,1	109,9	100,5	108,3	

1) OPEC Korb

2) bei einer Abgabemenge von 1600 kWh pro Monat inkl. aller Steuern und Abgaben

3) Tarifabnehmer (bei einer Abgabemenge von 325 kWh pro Monat), inkl. Ausgleichsabgabe, Stromsteuer und Mehrwertsteuer

4) Durchschnittspreis bei Abnahme von 2001 t und mehr im Monat, ab 1993 bei Abnahme von 15 t und mehr im Monat und Schwefelgehalt von maximal 1%.

5) Durchschnittserlöse

6) Markenware mit Selbstbedienung

7) Lieferung von mindestens 500 t a. d. Großhandel, ab Lager, Werte bis 1998 alte Bundesländer

Quellen: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Statistisches Bundesamt, Eurostat, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Mineralölwirtschaftsverband

### durchschnittliche Preissteigerung

**20 Jahre** **10 Jahre** **5 Jahre**  
**7,93%** **11,39%** **9,36%**

**5,59%** **6,44%** **4,08%**

**4,37%** **7,22%** **11,58%**

**20 Jahre** **10 Jahre** **5 Jahre**  
**5,81%** **7,82%** **6,60%**

**3,20%** **3,23%** **1,03%**

**2,67%** **4,97%** **5,81%**

**3,33%** **3,83%** **3,46%**

**6,11%** **8,61%** **6,93%**

**3,71%** **3,53%** **0,19%**

**1,81%** **7,92%** **6,63%**

**4,31%** **4,30%** **3,81%**

**4,90%** **5,66%** **4,86%**

**1,90%** **1,59%** **1,73%**

**0,82%** **0,88%** **0,92%**

## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Neubau

## Doppelhaushälfte Nord (ohne Keller)

Betrachtungszeitraum: 40 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,7468  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,6161

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Ref 2009	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Bodenplatte	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Außenwand	106,1 m <sup>2</sup>		494 €	494 €	881 €	1.294 €				881 €		881 €
unterer Abschluss	85,5 m <sup>2</sup>		354 €	354 €			359 €			359 €		359 €
oberste Geschossdecke	45,0 m <sup>2</sup>		513 €	513 €								
Steildach	52,3 m <sup>2</sup>		842 €	842 €								
Flachdach												
Fenster	21,8 m <sup>2</sup>		1.090 €	1.090 €				436 €		436 €		436 €
Dachflächenfenster	2,7 m <sup>2</sup>							54 €		54 €		54 €
KWL 80% DC	165,4 m <sup>2</sup>			4.631 €							4.631 €	4.631 €
Summe			3.293 €	7.925 €	881 €	1.294 €	359 €	490 €		1.730 €	4.631 €	6.361 €
Transmissionswärme H <sub>T</sub>		0,361	0,306	0,306	0,341	0,334	0,355	0,354		0,327	0,361	0,327
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		12.224 kWh	10.912 kWh	8.747 kWh	11.746 kWh	11.587 kWh	12.063 kWh	12.039 kWh		11.403 kWh	10.067 kWh	9.241 kWh
Endenergie Wärme Q <sub>f,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	9.468 kWh	8.311 kWh	6.012 kWh	9.046 kWh	8.906 kWh	9.326 kWh	9.305 kWh		8.743 kWh	7.177 kWh	6.448 kWh
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	696 kWh	681 kWh	821 kWh	690 kWh	689 kWh	694 kWh	694 kWh		687 kWh	836 kWh	826 kWh
Endenergie Q <sub>f</sub>		10.164 kWh	8.992 kWh	6.833 kWh	9.736 kWh	9.595 kWh	10.020 kWh	9.999 kWh		9.430 kWh	8.013 kWh	7.274 kWh
Δ Endenergie			1.172 kWh	3.331 kWh	427 kWh	569 kWh	144 kWh	165 kWh		734 kWh	2.151 kWh	2.890 kWh
Kosten Energie aktuell		920,92 €	824,91 €	673,82 €	885,91 €	874,28 €	909,15 €	907,40 €		860,80 €	770,50 €	709,99 €
Δ Energiekosten			96,01 €	247,10 €	35,01 €	46,64 €	11,78 €	13,53 €		60,12 €	150,42 €	210,93 €
Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Bodenplatte	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0468	154,22 €	533,04 €	41,24 €	60,61 €	16,82 €	22,95 €		81,00 €	378,82 €	459,82 €
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,243	119,37 €	307,21 €	43,53 €	57,99 €	14,64 €	16,82 €		74,75 €	187,01 €	262,24 €
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0543	178,98 €	585,71 €	47,86 €	70,34 €	19,51 €	26,63 €		94,00 €	406,74 €	500,74 €
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,499	143,96 €	370,50 €	52,50 €	69,94 €	17,66 €	20,28 €		90,15 €	225,54 €	316,27 €
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,796	172,43 €	443,76 €	62,88 €	83,77 €	21,15 €	24,29 €		107,97 €	270,13 €	378,80 €
Preissteigerung – Energie	5,00%	2,401	230,51 €	593,25 €	84,06 €	111,98 €	28,27 €	32,47 €		144,34 €	361,13 €	506,41 €
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,951	283,33 €	729,18 €	103,32 €	137,64 €	34,75 €	39,91 €		177,41 €	443,87 €	622,44 €
Invest/Ersparnis (statisch)	Preisanstieg		34 a	32 a	25 a	28 a	30 a	36 a		29 a	31 a	30 a
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	1,30%		65,4 a	56,9 a	37,5 a	43,9 a	51,7 a	74,2 a		46,6 a	52,6 a	50,7 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		43,7 a	40,2 a	30,1 a	33,8 a	37,8 a	46,8 a		35,3 a	38,3 a	37,3 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		33,2 a	31,2 a	24,8 a	27,2 a	29,7 a	34,9 a		28,2 a	30,0 a	29,4 a
Einsparung Primärenergie Q <sub>p</sub>			10,73%	28,44%	3,91%	5,21%	1,32%	1,51%	100,00%	6,72%	17,65%	24,40%
Einsparung Endenergie Q <sub>f</sub>			11,53%	32,77%	4,20%	5,60%	1,41%	1,62%	100,00%	7,22%	21,16%	28,43%



## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Neubau

## Einfamilienhaus klein (beheizter Keller)

Betrachtungszeitraum: 40 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,7468  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,6161

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Ref 2009	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Bodenplatte + Kellerwand	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Außenwand	126,4 m <sup>2</sup>		589 €	589 €	1.049 €	1.542 €				1.049 €		1.049 €
unterer Abschluss	196,7 m <sup>2</sup>		814 €	814 €			826 €			826 €		826 €
oberste Geschossdecke	41,0 m <sup>2</sup>		467 €	467 €								
Steildach	77,0 m <sup>2</sup>		1.240 €	1.240 €								
Flachdach												
Fenster	29,5 m <sup>2</sup>		1.475 €	1.475 €				590 €		590 €		590 €
Dachflächenfenster												
KWL DC 80%	235,2 m <sup>2</sup>			6.586 €							6.586 €	6.586 €
Summe			4.585 €	11.171 €	1.049 €	1.542 €	826 €	590 €		2.465 €	6.586 €	9.051 €

Transmissionswärme H <sub>T</sub>		0,337	0,284	0,284	0,321	0,315	0,326	0,331		0,304	0,337	0,304
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		16.782 kWh	14.907 kWh	11.847 kWh	16.208 kWh	16.018 kWh	16.391 kWh	16.558 kWh		15.598 kWh	13.735 kWh	12.544 kWh
Endenergie Wärme Q <sub>f,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	13.289 kWh	11.629 kWh	8.366 kWh	12.782 kWh	12.613 kWh	12.944 kWh	13.091 kWh		12.241 kWh	10.038 kWh	8.983 kWh
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	832 kWh	814 kWh	1.017 kWh	826 kWh	825 kWh	828 kWh	830 kWh		820 kWh	1.036 kWh	1.024 kWh
Endenergie Q <sub>t</sub>		14.121 kWh	12.443 kWh	9.383 kWh	13.608 kWh	13.437 kWh	13.772 kWh	13.921 kWh		13.061 kWh	11.073 kWh	10.007 kWh
Δ Endenergie			1.679 kWh	4.738 kWh	513 kWh	684 kWh	350 kWh	200 kWh		1.060 kWh	3.048 kWh	4.114 kWh
Kosten Energie aktuell		1.258,68 €	1.121,49 €	908,32 €	1.216,72 €	1.202,79 €	1.230,11 €	1.242,29 €		1.172,06 €	1.046,42 €	959,27 €
Δ Energiekosten			137,19 €	350,36 €	41,96 €	55,89 €	28,57 €	16,39 €		86,62 €	212,26 €	299,41 €

Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Bodenplatte + Kellerwand	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0468	214,72 €	753,41 €	49,13 €	72,21 €	38,69 €	27,63 €		115,44 €	538,68 €	654,13 €
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,243	170,55 €	435,57 €	52,16 €	69,48 €	35,52 €	20,37 €		107,69 €	263,89 €	372,23 €
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0543	249,19 €	827,58 €	57,01 €	83,80 €	44,90 €	32,06 €		133,97 €	578,39 €	712,36 €
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,499	205,70 €	525,32 €	62,91 €	83,80 €	42,84 €	24,57 €		129,88 €	318,26 €	448,93 €
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,796	246,37 €	629,19 €	75,35 €	100,37 €	51,31 €	29,43 €		155,56 €	381,18 €	537,69 €
Preissteigerung – Energie	5,00%	2,401	329,36 €	841,15 €	100,73 €	134,18 €	68,60 €	39,35 €		207,96 €	509,60 €	718,83 €
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,951	404,82 €	1.033,86 €	123,81 €	164,93 €	84,31 €	48,36 €		255,61 €	626,35 €	883,52 €

Invest/Ersparnis (statisch)	Preisanstieg		33 a	32 a	25 a	28 a	29 a	36 a		28 a	31 a	30 a
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	3,50%		34,6 a	33,0 a	25,9 a	28,6 a	29,9 a	37,3 a		29,5 a	32,1 a	31,3 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		42,3 a	39,9 a	29,9 a	33,6 a	35,5 a	46,4 a		34,8 a	38,6 a	37,4 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		32,4 a	31,0 a	24,7 a	27,1 a	28,3 a	34,7 a		27,9 a	30,2 a	29,5 a

Einsparung Primärenergie Q <sub>p</sub>			11,17%	29,40%	3,42%	4,55%	2,33%	1,33%	100,00%	7,05%	18,16%	25,25%
Einsparung Endenergie Q <sub>t</sub>			11,89%	33,55%	3,64%	4,84%	2,48%	1,42%	100,00%	7,51%	21,58%	29,14%

## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Neubau

## Mehrfamilienhaus klein (6 WE)

Betrachtungszeitraum: 40 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,7468  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,6161

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Ref 2009	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Kellerdecke	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Außenwand	171,4 m <sup>2</sup>		799 €	799 €	1.423 €	2.091 €				1.423 €		1.423 €
unterer Abschluss	188,5 m <sup>2</sup>		780 €	780 €			792 €			792 €		792 €
oberste Geschossdecke												
Steildach												
Flachdach	188,5 m <sup>2</sup>		2.347 €	2.347 €					1.037 €	1.037 €		1.037 €
Fenster	96,1 m <sup>2</sup>		4.805 €	4.805 €				1.922 €		1.922 €		1.922 €
Dachflächenfenster												
KWL DC 80%	473,6 m <sup>2</sup>			14.682 €							14.682 €	14.682 €
Summe			8.731 €	23.413 €	1.423 €	2.091 €	792 €	1.922 €	1.037 €	5.173 €	14.682 €	19.855 €

Transmissionswärme H <sub>T</sub>		0,439	0,351	0,351	0,423	0,417	0,431	0,424	0,433	0,394	0,439	0,394
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		30.431 kWh	26.488 kWh	20.973 kWh	29.710 kWh	29.470 kWh	30.067 kWh	29.756 kWh	30.166 kWh	28.413 kWh	24.943 kWh	22.912 kWh
Endenergie Wärme Q <sub>f,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	24.669 kWh	21.156 kWh	14.497 kWh	24.026 kWh	23.812 kWh	24.344 kWh	24.067 kWh	24.433 kWh	22.871 kWh	18.033 kWh	16.224 kWh
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	1.268 kWh	1.237 kWh	1.933 kWh	1.262 kWh	1.260 kWh	1.265 kWh	1.262 kWh	1.265 kWh	1.252 kWh	1.964 kWh	1.948 kWh
Endenergie Q <sub>t</sub>		25.936 kWh	22.393 kWh	16.430 kWh	25.288 kWh	25.072 kWh	25.609 kWh	25.329 kWh	25.698 kWh	24.123 kWh	19.997 kWh	18.173 kWh
Δ Endenergie			3.543 kWh	9.506 kWh	648 kWh	864 kWh	327 kWh	607 kWh	238 kWh	1.813 kWh	5.939 kWh	7.763 kWh
Kosten Energie aktuell		2.271,34 €	1.983,21 €	1.614,05 €	2.218,63 €	2.201,09 €	2.244,73 €	2.221,99 €	2.251,99 €	2.123,88 €	1.904,21 €	1.755,79 €
Δ Energiekosten			288,14 €	657,30 €	52,72 €	70,25 €	26,61 €	49,36 €	19,36 €	147,47 €	367,13 €	515,55 €

Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Kellerdecke	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0468	408,85 €	1.609,76 €	66,62 €	97,92 €	37,07 €	90,00 €	48,55 €	242,24 €	1.200,91 €	1.443,16 €
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,243	358,22 €	817,17 €	65,54 €	87,34 €	33,08 €	61,36 €	24,07 €	183,33 €	456,43 €	640,94 €
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0543	474,47 €	1.763,89 €	77,31 €	113,64 €	43,02 €	104,45 €	56,34 €	281,12 €	1.289,43 €	1.570,55 €
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,499	432,02 €	985,54 €	79,04 €	105,33 €	39,90 €	74,01 €	29,02 €	221,11 €	550,47 €	773,00 €
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,796	517,45 €	1.180,41 €	94,67 €	126,16 €	47,79 €	88,64 €	34,76 €	264,83 €	659,31 €	925,85 €
Preissteigerung – Energie	5,00%	2,401	691,76 €	1.578,06 €	126,56 €	168,66 €	63,88 €	118,50 €	46,47 €	354,04 €	881,42 €	1.237,74 €
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,951	850,26 €	1.939,61 €	155,56 €	207,30 €	78,52 €	145,65 €	57,12 €	435,16 €	1.083,36 €	1.521,32 €

Invest/Ersparnis (statisch)	Preisanstieg		30 a	36 a	27 a	30 a	30 a	39 a	54 a	35 a	40 a	39 a
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	3,50%		31,4 a	36,9 a	27,9 a	30,8 a	30,8 a	40,3 a	55,4 a	36,3 a	41,4 a	39,9 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		37,5 a	45,8 a	32,7 a	36,7 a	36,7 a	51,3 a	79,8 a	44,9 a	53,1 a	50,6 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		29,6 a	34,3 a	26,5 a	29,1 a	29,1 a	37,3 a	49,7 a	33,9 a	38,2 a	36,9 a

Einsparung Primärenergie Q <sub>p</sub>			12,96%	31,08%	2,37%	3,16%	1,20%	2,22%	0,87%	6,63%	18,03%	24,71%
Einsparung Endenergie Q <sub>t</sub>			13,66%	36,65%	2,50%	3,33%	1,26%	2,34%	0,92%	6,99%	22,90%	29,93%

## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Neubau

## Mehrfamilienhaus groß (40 WE)

Betrachtungszeitraum: 40 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,7468  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,6161

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Ref 2009	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Kellerdecke	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Außenwand	2.197,0 m <sup>2</sup>		10.238 €	10.238 €	18.235 €	26.803 €				18.235 €		18.235 €
unterer Abschluss	1.001,0 m <sup>2</sup>		4.144 €	4.144 €			4.204 €			4.204 €		4.204 €
oberste Geschossdecke												
Steildach												
Flachdach	1.001,0 m <sup>2</sup>		12.462 €	12.462 €					5.506 €	5.506 €		5.506 €
Fenster	522,0 m <sup>2</sup>		26.100 €	26.100 €				10.440 €		10.440 €		10.440 €
Dachflächenfenster												
KWL DC 80%	3.811,2 m <sup>2</sup>			118.147 €							118.147 €	118.147 €
Summe			52.945 €	171.092 €	18.235 €	26.803 €	4.204 €	10.440 €	5.506 €	38.385 €	118.147 €	156.532 €

Transmissionswärme H <sub>T</sub>		0,426	0,354	0,354	0,398	0,389	0,419	0,415	0,422	0,376	0,426	0,376
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		222.340 kWh	198.058 kWh	149.072 kWh	212.967 kWh	209.857 kWh	220.021 kWh	218.615 kWh	220.913 kWh	205.559 kWh	173.554 kWh	156.637 kWh
Endenergie Wärme Q <sub>f,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	185.247 kWh	163.382 kWh	110.162 kWh	176.806 kWh	174.006 kWh	183.158 kWh	181.892 kWh	183.961 kWh	170.136 kWh	132.206 kWh	116.974 kWh
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	7.142 kWh	7.053 kWh	10.729 kWh	7.108 kWh	7.096 kWh	7.134 kWh	7.128 kWh	7.137 kWh	7.081 kWh	10.818 kWh	10.756 kWh
Endenergie Q <sub>t</sub>		192.388 kWh	170.435 kWh	120.891 kWh	183.914 kWh	181.102 kWh	190.292 kWh	189.021 kWh	191.098 kWh	177.217 kWh	143.024 kWh	127.730 kWh
Δ Endenergie			21.953 kWh	71.498 kWh	8.475 kWh	11.287 kWh	2.097 kWh	3.368 kWh	1.291 kWh	15.172 kWh	49.364 kWh	64.659 kWh
Kosten Energie aktuell		16.498,07 €	14.728,04 €	11.334,17 €	15.814,79 €	15.588,06 €	16.329,03 €	16.226,53 €	16.394,00 €	15.274,81 €	13.118,76 €	11.885,60 €
Δ Energiekosten			1.770,03 €	5.163,90 €	683,28 €	910,00 €	169,04 €	271,53 €	104,07 €	1.223,26 €	3.379,31 €	4.612,47 €

Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Hauser B	Hauser B + WLA	Außenwand 0,22	Außenwand 0,20	Kellerdecke	Fenster	Flachdach	Hülle 2012	WLA DC 80%	Hülle + WLA 2012
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0468	2.479,25 €	12.143,37 €	853,90 €	1.255,13 €	196,87 €	488,88 €	257,81 €	1.797,46 €	9.664,12 €	11.461,57 €
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,243	2.200,55 €	6.419,91 €	849,47 €	1.131,34 €	210,15 €	337,58 €	129,38 €	1.520,79 €	4.201,25 €	5.734,35 €
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0543	2.877,18 €	13.253,57 €	990,95 €	1.456,58 €	228,47 €	567,34 €	299,19 €	2.085,95 €	10.376,40 €	12.462,35 €
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,499	2.653,94 €	7.742,65 €	1.024,49 €	1.364,44 €	253,45 €	407,13 €	156,04 €	1.834,13 €	5.066,87 €	6.915,85 €
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,796	3.178,70 €	9.273,59 €	1.227,06 €	1.634,23 €	303,57 €	487,63 €	186,89 €	2.196,79 €	6.068,73 €	8.283,30 €
Preissteigerung – Energie	5,00%	2,401	4.249,53 €	12.397,62 €	1.640,43 €	2.184,76 €	405,83 €	651,90 €	249,85 €	2.936,84 €	8.113,13 €	11.073,74 €
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,951	5.223,15 €	15.238,08 €	2.016,27 €	2.685,32 €	498,81 €	801,26 €	307,10 €	3.609,70 €	9.971,96 €	13.610,88 €

Invest/Ersparnis (statisch)	Preisanstieg		30 a	33 a	27 a	29 a	25 a	38 a	53 a	31 a	35 a	34 a
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	3,50%		31,0 a	34,3 a	27,6 a	30,5 a	25,7 a	39,8 a	54,8 a	32,5 a	36,2 a	35,1 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		37,0 a	41,9 a	32,3 a	36,3 a	29,7 a	50,5 a	78,3 a	39,2 a	44,7 a	43,1 a
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		29,2 a	32,1 a	26,2 a	28,8 a	24,6 a	36,8 a	49,2 a	30,5 a	33,8 a	32,8 a

Einsparung Primärenergie Q <sub>p</sub>			10,92%	32,95%	4,22%	5,61%	1,04%	1,68%	0,64%	7,55%	21,94%	29,55%
Einsparung Endenergie Q <sub>t</sub>			11,41%	37,16%	4,40%	5,87%	1,09%	1,75%	0,67%	7,89%	25,66%	33,61%

## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Bestand

Einfamilienhaus klein (unbeheizter Keller)

Betrachtungszeitraum: 25 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,2372  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,2079

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Bestand	Berechnung mit Vollkosten					Berechnung mit energetisch bedingten Mehrkosten								
			Außenwand U=0,22	Dach + ob.Geschd.	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012	Außenwand U=0,22	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012				
Außenwand	123,4 m <sup>2</sup>		15.055 €					15.055 €				6.047 €				6.047 €
unterer Abschluss	98,7 m <sup>2</sup>				3.455 €			3.455 €			3.455 €					3.455 €
oberste Geschossdecke	41,0 m <sup>2</sup>			2.173 €				2.173 €		2.173 €						2.173 €
Steildach	77,0 m <sup>2</sup>			17.094 €				17.094 €		2.079 €						2.079 €
Flachdach																
Fenster	26,5 m <sup>2</sup>						9.010 €	9.010 €							530 €	530 €
Dachflächenfenster																
KWL DC 80%	148,8 m <sup>2</sup>															
Summe			15.055 €	19.267 €	3.455 €	9.010 €	46.786 €	6.047 €	4.252 €	3.455 €	530 €	14.283 €				
Transmissionswärme H' <sub>T</sub>		0,995	0,734	0,858	0,901	0,887	0,396	0,734	0,858	0,901	0,887	0,396				
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		39.814 kWh	31.556 kWh	35.491 kWh	36.858 kWh	37.157 kWh	21.464 kWh	31.556 kWh	35.491 kWh	36.858 kWh	37.157 kWh	21.464 kWh				
Endenergie Wärme Q <sub>i,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	34.670 kWh	27.373 kWh	30.850 kWh	32.058 kWh	32.322 kWh	18.454 kWh	27.373 kWh	30.850 kWh	32.058 kWh	32.322 kWh	18.454 kWh				
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	645 kWh	556 kWh	599 kWh	613 kWh	616 kWh	448 kWh	556 kWh	599 kWh	613 kWh	616 kWh	448 kWh				
Endenergie Q <sub>i</sub>		35.315 kWh	27.929 kWh	31.448 kWh	32.671 kWh	32.939 kWh	18.902 kWh	27.929 kWh	31.448 kWh	32.671 kWh	32.939 kWh	18.902 kWh				
Endenergie pro m <sup>2</sup> A <sub>N</sub>		237 kWh	188 kWh	211 kWh	220 kWh	221 kWh	127 kWh	188 kWh	211 kWh	220 kWh	221 kWh	127 kWh				
Δ Endenergie			7.386 kWh	3.867 kWh	2.644 kWh	2.376 kWh	16.413 kWh	7.386 kWh	3.867 kWh	2.644 kWh	2.376 kWh	16.413 kWh				
Kosten Energie aktuell		2.925,15 €	2.320,54 €	2.608,64 €	2.708,76 €	2.730,64 €	1.581,63 €	2.320,54 €	2.608,64 €	2.708,76 €	2.730,64 €	1.581,63 €				
Δ Energiekosten			604,61 €	316,51 €	216,39 €	194,51 €	1.343,52 €	604,61 €	316,51 €	216,39 €	194,51 €	1.343,52 €				
Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Außenwand U=0,22	Dach + ob.Geschd.	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012	Außenwand U=0,22	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012				
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0607	913,44 €	1.169,01 €	209,60 €	546,67 €	2.838,71 €	366,87 €	257,99 €	209,60 €	32,16 €	866,61 €				
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,161	701,97 €	367,48 €	251,24 €	225,84 €	1.559,86 €	701,97 €	367,48 €	251,24 €	225,84 €	1.559,86 €				
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0674	1.015,28 €	1.299,35 €	232,97 €	607,63 €	3.155,22 €	407,78 €	286,75 €	232,97 €	35,74 €	963,24 €				
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,324	800,64 €	419,13 €	286,55 €	257,58 €	1.779,11 €	800,64 €	419,13 €	286,55 €	257,58 €	1.779,11 €				
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,491	901,75 €	472,06 €	322,74 €	290,11 €	2.003,79 €	901,75 €	472,06 €	322,74 €	290,11 €	2.003,79 €				
Preissteigerung – Energie	5,00%	1,795	1.085,26 €	568,13 €	388,42 €	349,15 €	2.411,58 €	1.085,26 €	568,13 €	388,42 €	349,15 €	2.411,58 €				
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,040	1.233,35 €	645,65 €	441,42 €	396,79 €	2.740,64 €	1.233,35 €	645,65 €	441,42 €	396,79 €	2.740,64 €				
Invest/Ersparnis (statisch)			25 a	61 a	16 a	46 a	35 a	10 a	13 a	16 a	3 a	11 a				
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	3,50%		25,8 a	63,0 a	16,5 a	47,9 a	36,0 a	10,4 a	13,9 a	16,5 a	2,8 a	11,0 a				
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		29,8 a	97,6 a	18,1 a	64,7 a	44,5 a	11,0 a	15,0 a	18,1 a	2,9 a	11,7 a				
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		24,6 a	55,7 a	16,1 a	43,6 a	33,6 a	10,2 a	13,6 a	16,1 a	2,8 a	10,9 a				

Kosten/m<sup>2</sup> Wfl. 425 €Kosten/m<sup>2</sup> Wfl. 130 €

## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Bestand

Mehrfamilienhaus klein (unbeheizter Keller)

Betrachtungszeitraum: 25 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,2372  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,2079

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Bestand	Berechnung mit Vollkosten					Berechnung mit energetisch bedingten Mehrkosten										
			Außenwand U=0,22	Flachdach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012	Außenwand U=0,22	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012						
Außenwand	171,4 m²		21.768 €					21.768 €					9.256 €					9.256 €
unterer Abschluss	188,5 m²				6.975 €			6.975 €			6.975 €							6.975 €
oberste Geschossdecke																		
Steildach																		
Flachdach	188,5 m²			39.020 €				39.020 €		7.917 €								7.917 €
Fenster	96,1 m²						26.908 €	26.908 €									1.922 €	1.922 €
Dachflächenfenster																		
KWL DC 80%	473,6 m²																	
Summe			21.768 €	39.020 €	6.975 €	26.908 €	94.670 €	9.256 €	7.917 €	6.975 €	1.922 €		26.069 €					
Transmissionswärme H <sub>T</sub>		1,21	0,924	1,088	1,082	0,987	0,451	0,924	1,088	1,082	0,987	0,451						
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		82.237 kWh	66.779 kWh	75.590 kWh	75.275 kWh	72.134 kWh	43.501 kWh	66.779 kWh	75.590 kWh	75.275 kWh	72.134 kWh	43.501 kWh						
Endenergie Wärme Q <sub>t,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	72.268 kWh	58.472 kWh	66.336 kWh	66.054 kWh	63.252 kWh	37.698 kWh	58.472 kWh	66.336 kWh	66.054 kWh	63.252 kWh	37.698 kWh						
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	1.055 kWh	946 kWh	1.008 kWh	1.006 kWh	984 kWh	782 kWh	946 kWh	1.008 kWh	1.006 kWh	984 kWh	782 kWh						
Endenergie Q <sub>t</sub>		73.323 kWh	59.418 kWh	67.344 kWh	67.060 kWh	64.235 kWh	38.480 kWh	59.418 kWh	67.344 kWh	67.060 kWh	64.235 kWh	38.480 kWh						
Endenergie pro m² A <sub>N</sub>		155 kWh	125 kWh	142 kWh	142 kWh	136 kWh	81 kWh	125 kWh	142 kWh	142 kWh	136 kWh	81 kWh						
Δ Endenergie			13.904 kWh	5.979 kWh	6.262 kWh	9.087 kWh	34.842 kWh	13.904 kWh	5.979 kWh	6.262 kWh	9.087 kWh	34.842 kWh						
Kosten Energie aktuell		6.029,30 €	4.900,06 €	5.543,74 €	5.520,70 €	5.291,29 €	3.199,61 €	4.900,06 €	5.543,74 €	5.520,70 €	5.291,29 €	3.199,61 €						
Δ Energiekosten			1.129,23 €	485,55 €	508,60 €	738,01 €	2.829,69 €	1.129,23 €	485,55 €	508,60 €	738,01 €	2.829,69 €						
Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Außenwand U=0,22	Flachdach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012	Außenwand U=0,22	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012						
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0607	1.320,74 €	2.367,47 €	423,17 €	1.632,62 €	5.744,00 €	561,57 €	480,36 €	423,17 €	116,62 €	1.581,72 €						
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,161	1.311,07 €	563,74 €	590,49 €	856,85 €	3.285,33 €	1.311,07 €	563,74 €	590,49 €	856,85 €	3.285,33 €						
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0674	1.468,00 €	2.631,44 €	470,35 €	1.814,65 €	6.384,44 €	624,19 €	533,91 €	470,35 €	129,62 €	1.758,07 €						
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,324	1.495,35 €	642,98 €	673,49 €	977,28 €	3.747,11 €	1.495,35 €	642,98 €	673,49 €	977,28 €	3.747,11 €						
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,491	1.684,19 €	724,18 €	758,54 €	1.100,70 €	4.220,32 €	1.684,19 €	724,18 €	758,54 €	1.100,70 €	4.220,32 €						
Preissteigerung – Energie	5,00%	1,795	2.026,94 €	871,56 €	912,92 €	1.324,71 €	5.079,21 €	2.026,94 €	871,56 €	912,92 €	1.324,71 €	5.079,21 €						
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,040	2.303,52 €	990,48 €	1.037,48 €	1.505,46 €	5.772,25 €	2.303,52 €	990,48 €	1.037,48 €	1.505,46 €	5.772,25 €						
Invest/Ersparnis (statisch)			19 a	80 a	14 a	36 a	33 a	8 a	16 a	14 a	3 a	9 a						
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	3,50%		20,0 a	83,2 a	14,2 a	37,7 a	34,6 a	8,5 a	16,9 a	14,2 a	2,7 a	9,5 a						
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		22,3 a	169,3 a	15,3 a	47,2 a	42,4 a	8,9 a	18,5 a	15,3 a	2,7 a	10,1 a						
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		19,3 a	70,8 a	13,9 a	35,1 a	32,4 a	8,4 a	16,4 a	13,9 a	2,7 a	9,4 a						

Kosten/m² Wfl. 861 €

Kosten/m² Wfl. 237 €

## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Bestand

Einfamilienhaus klein (unbeheizter Keller)

Betrachtungszeitraum: 25 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,2372  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,2079

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Bestand	Berechnung mit Vollkosten					Berechnung mit energetisch bedingten Mehrkosten								
			Außenwand U=0,20	Dach + ob.Geschd.	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20	Außenwand U=0,20	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20				
Außenwand	123,4 m <sup>2</sup>		15.672 €					15.672 €				6.664 €				6.664 €
unterer Abschluss	98,7 m <sup>2</sup>				3.455 €			3.455 €			3.455 €					3.455 €
oberste Geschossdecke	41,0 m <sup>2</sup>			2.173 €				2.173 €		2.173 €						2.173 €
Steildach	77,0 m <sup>2</sup>			17.094 €				17.094 €		2.079 €						2.079 €
Flachdach																
Fenster	26,5 m <sup>2</sup>						9.010 €	9.010 €						530 €		530 €
Dachflächenfenster																
KWL DC 80%	148,8 m <sup>2</sup>															
Summe			15.672 €	19.267 €	3.455 €	9.010 €	47.403 €		6.664 €	4.252 €	3.455 €	530 €				14.900 €
Transmissionswärme H' <sub>T</sub>		0,995	0,727	0,858	0,901	0,887	0,389		0,727	0,858	0,901	0,887	0,389			
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		39.814 kWh	31.344 kWh	35.491 kWh	36.858 kWh	37.157 kWh	21.255 kWh		31.344 kWh	35.491 kWh	36.858 kWh	37.157 kWh	21.255 kWh			
Endenergie Wärme Q <sub>t,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	34.670 kWh	27.185 kWh	30.850 kWh	32.058 kWh	32.322 kWh	18.269 kWh		27.185 kWh	30.850 kWh	32.058 kWh	32.322 kWh	18.269 kWh			
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	645 kWh	554 kWh	599 kWh	613 kWh	616 kWh	446 kWh		554 kWh	599 kWh	613 kWh	616 kWh	446 kWh			
Endenergie Q <sub>i</sub>		35.315 kWh	27.739 kWh	31.448 kWh	32.671 kWh	32.939 kWh	18.714 kWh		27.739 kWh	31.448 kWh	32.671 kWh	32.939 kWh	18.714 kWh			
Endenergie pro m <sup>2</sup> A <sub>N</sub>		237 kWh	186 kWh	211 kWh	220 kWh	221 kWh	126 kWh		186 kWh	211 kWh	220 kWh	221 kWh	126 kWh			
Δ Endenergie			7.576 kWh	3.867 kWh	2.644 kWh	2.376 kWh	16.601 kWh		7.576 kWh	3.867 kWh	2.644 kWh	2.376 kWh	16.601 kWh			
Kosten Energie aktuell		2.925,15 €	2.305,02 €	2.608,64 €	2.708,76 €	2.730,64 €	1.566,27 €		2.305,02 €	2.608,64 €	2.708,76 €	2.730,64 €	1.566,27 €			
Δ Energiekosten			620,13 €	316,51 €	216,39 €	194,51 €	1.358,89 €		620,13 €	316,51 €	216,39 €	194,51 €	1.358,89 €			
Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Außenwand U=0,20	Dach + ob.Geschd.	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20	Außenwand U=0,20	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20				
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0607	950,87 €	1.169,01 €	209,60 €	546,67 €	2.876,15 €	404,31 €	257,99 €	209,60 €	32,16 €	904,05 €				
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,161	719,99 €	367,48 €	251,24 €	225,84 €	1.577,70 €	719,99 €	367,48 €	251,24 €	225,84 €	1.577,70 €				
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0674	1.056,89 €	1.299,35 €	232,97 €	607,63 €	3.196,83 €	449,39 €	286,75 €	232,97 €	35,74 €	1.004,85 €				
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,324	821,19 €	419,13 €	286,55 €	257,58 €	1.799,46 €	821,19 €	419,13 €	286,55 €	257,58 €	1.799,46 €				
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,491	924,89 €	472,06 €	322,74 €	290,11 €	2.026,70 €	924,89 €	472,06 €	322,74 €	290,11 €	2.026,70 €				
Preissteigerung – Energie	5,00%	1,795	1.113,12 €	568,13 €	388,42 €	349,15 €	2.439,16 €	1.113,12 €	568,13 €	388,42 €	349,15 €	2.439,16 €				
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,040	1.265,00 €	645,65 €	441,42 €	396,79 €	2.771,98 €	1.265,00 €	645,65 €	441,42 €	396,79 €	2.771,98 €				
Invest/Ersparnis (statisch)			25 a	61 a	16 a	46 a	35 a	11 a	13 a	16 a	3 a	11 a				
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	3,50%		26,2 a	63,0 a	16,5 a	47,9 a	36,1 a	11,1 a	13,9 a	16,5 a	2,8 a	11,3 a				
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		30,3 a	97,6 a	18,1 a	64,7 a	44,6 a	11,8 a	15,0 a	18,1 a	2,9 a	12,1 a				
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		24,9 a	55,7 a	16,1 a	43,6 a	33,7 a	11,0 a	13,6 a	16,1 a	2,8 a	11,2 a				

Kosten/m<sup>2</sup> Wfl. 431 €Kosten/m<sup>2</sup> Wfl. 135 €

## Wirtschaftlichkeitsberechnungen – Bestand

Mehrfamilienhaus klein (unbeheizter Keller)

Betrachtungszeitraum: 25 a  
 Nutzungsdauer Bauwerk: 40 a  
 Nutzungsdauer Technik: 20 a

Preissteigerung Technik: 2,00%  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 3,5%): 1,2372  
 Faktor Ersatzinvestitionen Technik (Zins 4,5%): 1,2079

Maßnahmen und Kosten / Kennwerte	Fläche / Preis	Bestand	Berechnung mit Vollkosten					Berechnung mit energetisch bedingten Mehrkosten								
			Außenwand U=0,20	Flachdach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20	Außenwand U=0,20	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20				
Außenwand	171,4 m²		22.625 €					22.625 €				10.113 €				10.113 €
unterer Abschluss	188,5 m²				6.975 €			6.975 €			6.975 €					6.975 €
oberste Geschossdecke																
Steildach																
Flachdach	188,5 m²			39.020 €				39.020 €		7.917 €					7.917 €	
Fenster	96,1 m²						26.908 €	26.908 €					1.922 €		1.922 €	
Dachflächenfenster																
KWL DC 80%	473,6 m²															
Summe			22.625 €	39.020 €	6.975 €	26.908 €	95.527 €	10.113 €	7.917 €	6.975 €	1.922 €	26.926 €				
Transmissionswärme H <sub>T</sub>		1,21	0,919	1,088	1,082	0,987	0,445	0,919	1,088	1,082	0,987	0,445				
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>		82.237 kWh	66.496 kWh	75.590 kWh	75.275 kWh	72.134 kWh	43.230 kWh	66.496 kWh	75.590 kWh	75.275 kWh	72.134 kWh	43.230 kWh				
Endenergie Wärme Q <sub>t,Wärme</sub>	0,080 €/kWh	72.268 kWh	58.220 kWh	66.336 kWh	66.054 kWh	63.252 kWh	37.457 kWh	58.220 kWh	66.336 kWh	66.054 kWh	63.252 kWh	37.457 kWh				
Endenergie Hilfsenergie Q <sub>f,aux</sub>	0,235 €/kWh	1.055 kWh	944 kWh	1.008 kWh	1.006 kWh	984 kWh	780 kWh	944 kWh	1.008 kWh	1.006 kWh	984 kWh	780 kWh				
Endenergie Q <sub>t</sub>		73.323 kWh	59.164 kWh	67.344 kWh	67.060 kWh	64.235 kWh	38.237 kWh	59.164 kWh	67.344 kWh	67.060 kWh	64.235 kWh	38.237 kWh				
Endenergie pro m² A <sub>N</sub>		155 kWh	125 kWh	142 kWh	142 kWh	136 kWh	81 kWh	125 kWh	142 kWh	142 kWh	136 kWh	81 kWh				
Δ Endenergie			14.159 kWh	5.979 kWh	6.262 kWh	9.087 kWh	35.086 kWh	14.159 kWh	5.979 kWh	6.262 kWh	9.087 kWh	35.086 kWh				
Kosten Energie aktuell		6.029,30 €	4.879,38 €	5.543,74 €	5.520,70 €	5.291,29 €	3.179,82 €	4.879,38 €	5.543,74 €	5.520,70 €	5.291,29 €	3.179,82 €				
Δ Energiekosten			1.149,91 €	485,55 €	508,60 €	738,01 €	2.849,48 €	1.149,91 €	485,55 €	508,60 €	738,01 €	2.849,48 €				
Kennwert	Zins bzw. Preisanstieg	Faktor	Außenwand U=0,20	Flachdach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20	Außenwand U=0,20	Dach	Kellerdecke	Fenster	Hülle 2012 WA 0,20				
Zins – Investitionskosten	3,50%	0,0607	1.372,74 €	2.367,47 €	423,17 €	1.632,62 €	5.796,00 €	613,57 €	480,36 €	423,17 €	116,62 €	1.633,72 €				
Preissteigerung – Energie	1,30%	1,161	1.335,08 €	563,74 €	590,49 €	856,85 €	3.308,31 €	1.335,08 €	563,74 €	590,49 €	856,85 €	3.308,31 €				
Zins – Investitionskosten	4,50%	0,0674	1.525,79 €	2.631,44 €	470,35 €	1.814,65 €	6.442,23 €	681,98 €	533,91 €	470,35 €	129,62 €	1.815,87 €				
Preissteigerung – Energie	2,50%	1,324	1.522,73 €	642,98 €	673,49 €	977,28 €	3.773,32 €	1.522,73 €	642,98 €	673,49 €	977,28 €	3.773,32 €				
Preissteigerung – Energie	3,50%	1,491	1.715,03 €	724,18 €	758,54 €	1.100,70 €	4.249,84 €	1.715,03 €	724,18 €	758,54 €	1.100,70 €	4.249,84 €				
Preissteigerung – Energie	5,00%	1,795	2.064,06 €	871,56 €	912,92 €	1.324,71 €	5.114,73 €	2.064,06 €	871,56 €	912,92 €	1.324,71 €	5.114,73 €				
Preissteigerung – Energie	6,00%	2,040	2.345,70 €	990,48 €	1.037,48 €	1.505,46 €	5.812,62 €	2.345,70 €	990,48 €	1.037,48 €	1.505,46 €	5.812,62 €				
Invest/Ersparnis (statisch)			20 a	80 a	14 a	36 a	34 a	9 a	16 a	14 a	3 a	9 a				
Amortisation dyn. (Zins 3,5%)	3,50%		20,4 a	83,2 a	14,2 a	37,7 a	34,7 a	9,1 a	16,9 a	14,2 a	2,7 a	9,8 a				
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	3,50%		22,8 a	169,3 a	15,3 a	47,2 a	42,5 a	9,6 a	18,5 a	15,3 a	2,7 a	10,3 a				
Amortisation dyn. (Zins 4,5%)	5,00%		19,7 a	70,8 a	13,9 a	35,1 a	32,5 a	9,0 a	16,4 a	13,9 a	2,7 a	9,7 a				

Kosten/m² Wfl. 868 €

Kosten/m² Wfl. 245 €