

# Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten

---

## Endbericht

November 2012

Auftraggeber:

Stadt Wien – MA 39

Güteschutzgemeinschaft Polystyrol-Hartschaum

Gemeinschaft der Dämmstoffindustrie

Österreichische Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaum

Arge Fachvereinigung Mineralwolleindustrie

**Klemens Leutgöb**

**Barbara Jörg**

**Johannes Rammerstorfer**

**Christof Amann**

**Gerhard Hofer**

**e7 Energie Markt Analyse GmbH**

Theresianumgasse 7/1/8 A-1040 Wien | T +43-1-907 80 26 | F +43-1-907 80 26-10 | W [www.e-sieben.at](http://www.e-sieben.at) | E [office@e-sieben.at](mailto:office@e-sieben.at)  
Firmenbuch-Nr.: 295192 g HG Wien | UID-Nr: ATU63453337 | Bankverbindung: Erste Bank, BLZ 20111, Konto-Nr: 288 190 679 00



# Inhalt

---

<b>Executive Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Kostenoptimale Anforderungsniveaus für großvolumige Mehrfamilienhäuser</b> .....	<b>10</b>
2.1 Festlegung des Referenzgebäudes MFH groß.....	10
2.1.1 Gebäudegestalt .....	10
2.1.2 Konstruktionstyp .....	10
2.1.3 Haustechnik.....	10
2.2 Definition der Varianten für MFH groß.....	11
2.2.1 Wärmeschutz.....	11
2.2.2 Mechanische Lüftungsanlage .....	12
2.2.3 Wärmebereitstellung.....	12
2.2.4 Solarenergie .....	13
2.2.5 Überblick über die Variantenfestlegung .....	14
2.3 Inputfaktoren für die Berechnung .....	15
2.3.1 Erhebung der Kostendaten .....	15
2.3.2 Hüllenqualität und deren Errichtungskosten.....	15
2.3.3 Inputfaktoren zu Lüftungsanlage und Heizung .....	17
2.3.4 Energiepreise und sonstige Preissteigerungen .....	17
2.3.5 Betrachtungszeitraum.....	18
2.3.6 Diskontsatz.....	18
2.4 Berechnungsergebnisse für das Basisszenario .....	19
2.5 Sensitivitätsanalysen.....	21
<b>3 Kostenoptimale Anforderungsniveaus für kleinere Mehrfamilienhäuser</b> .....	<b>23</b>
3.1 Festlegung des Referenzgebäudes MFH klein.....	23
3.1.1 Gebäudegestalt .....	23
3.1.2 Konstruktionstyp .....	23
3.1.3 Haustechnik.....	23
3.2 Definition der Varianten für MFH klein.....	24
3.2.1 Wärmeschutz.....	24
3.2.2 Mechanische Lüftungsanlage .....	24
3.2.3 Wärmebereitstellung.....	24

3.2.4	Solarenergie .....	25
3.2.5	Überblick über die Variantenfestlegung .....	25
3.3	Inputfaktoren für die Berechnung .....	26
3.3.1	Plausibilisierung von Kostendaten .....	26
3.3.2	Hüllenqualität und deren Errichtungskosten.....	27
3.3.3	Inputfaktoren zu Lüftungsanlage und Heizung .....	29
3.3.4	Energiepreise und sonstige Preistrends.....	30
3.3.5	Betrachtungszeitraum .....	30
3.3.6	Diskontsatz .....	30
3.4	Berechnungsergebnisse für das Basisszenario .....	30
3.5	Sensitivitätsanalysen .....	33
<b>4</b>	<b>Kostenoptimale Anforderungsniveaus für Einfamilienhäuser .....</b>	<b>35</b>
4.1	Festlegung des Referenzgebäudes EFH.....	35
4.1.1	Gebäudegestalt .....	35
4.1.2	Konstruktionstyp .....	35
4.1.3	Haustechnik.....	36
4.2	Definition der Varianten für EFH.....	36
4.2.1	Wärmeschutz.....	36
4.2.2	Mechanische Lüftungsanlage .....	36
4.2.3	Wärmebereitstellung.....	37
4.2.4	Solarenergie und Photovoltaik .....	37
4.2.5	Überblick über die Variantenfestlegung .....	38
4.3	Inputfaktoren für die Berechnung .....	39
4.3.1	Erhebung der Kostendaten .....	39
4.3.2	Hüllenqualität und deren Errichtungskosten.....	39
4.3.3	Inputfaktoren zu Lüftungsanlage und Heizung .....	41
4.3.4	Energiepreise und sonstige Preistrends.....	42
4.3.5	Betrachtungszeitraum .....	42
4.3.6	Diskontsatz .....	42
4.4	Berechnungsergebnisse für das Basisszenario .....	42
4.5	Sensitivitätsanalysen .....	45
<b>5</b>	<b>Zusammenfassende Schlussfolgerungen .....</b>	<b>47</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>49</b>



## Executive Summary

---

Das gegenständliche Projekt verfolgt das Ziel, anhand von drei beispielhaft ausgewählten Referenzgebäuden, die als typisch für die Neuerrichtung von Wohngebäuden in Österreich angesehen werden, das kostenoptimale Anforderungsniveau für die thermisch-energetischen Qualität zu ermitteln. Damit steht das Projekt im Zusammenhang mit Art. 5 der Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie, die fordert, dass sich die bautechnischen Mindestanforderungen an kostenoptimalen Niveaus zu orientieren haben.

Die drei unterschiedlichen Referenzgebäude sind: Ein größeres Mehrfamilienhaus, ein kleineres Mehrfamilienhaus und ein Einfamilienhaus. Für jedes dieser drei Referenzgebäude werden jeweils knapp 30 unterschiedliche Ausführungsvarianten unterschieden und hinsichtlich ihrer Gesamtkosten über den gesamten Lebenszyklus untersucht. Dabei unterscheiden sich die Ausführungsvarianten hinsichtlich der gewählten Energieversorgung (jeweils zwei unterschiedliche Formen der Energieversorgung pro Referenzgebäude), hinsichtlich der thermischen Qualität der Hülle (variiert zwischen der HWB-Linie 16 und 8), hinsichtlich des Einsatzes von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sowie hinsichtlich der Nutzung einer thermischen Solaranlage bzw. einer Photovoltaikanlage. Die gesamten Lebenszykluskosten umfassen dabei die Errichtungskosten, die Wartungskosten, die laufenden Instandhaltungskosten, die Erneuerungskosten für jene Gebäudeelemente, die innerhalb des Betrachtungszeitraumes ersetzt werden müssen, sowie die Energiekosten. Darüber hinaus werden die Restwerte der betrachteten Gebäudeelemente und Anlagen zum Ende des Betrachtungszeitraums berücksichtigt.

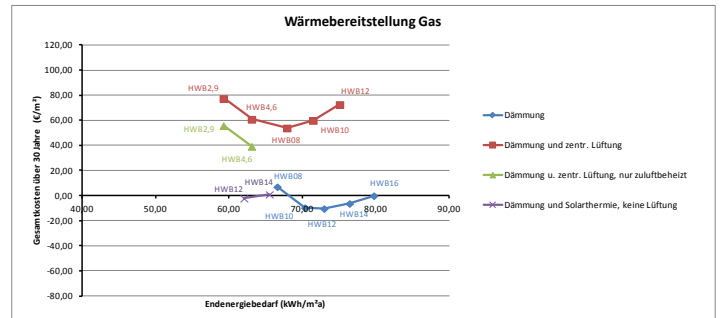
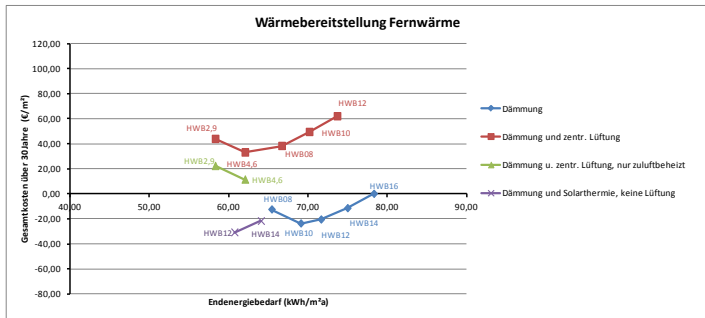
Die verwendeten Kostendaten zu Errichtung, Wartung und laufender Instandhaltung der für die Analyse relevanten Gebäudeelemente sind marktbasierend, das heißt sie stützen sich auf Erhebungen die direkt bei Marktteilnehmern (Baufirmen und Bauherren) durchgeführt wurden. Alle anderen verwendeten Inputdaten (Energiepreise, Diskontsatz, Betrachtungszeitraum) wurden entsprechend der EU-Regulierung zu Art. 5 der Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie gewählt.

Abbildung 1 fasst die wesentlichen Berechnungsergebnisse zusammen. Für alle drei untersuchten Referenzgebäude kann als generelles Bild – trotz aller Unterschiede im Detail – festgehalten werden, dass die Kostenkurven sehr flach verlaufen. Die maximalen Kostenunterschiede zwischen den untersuchten Varianten betragen rund 100 €/m<sup>2</sup> über den gesamten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren, das entspricht Mehrkosten von nur knapp 0,28 €/m<sup>2</sup> und Monat. Gleichzeitig sind jedoch einzelne der besonders energieeffizienten Varianten deutlich näher beim Kostenoptimum bzw. stellen in Einzelfällen – Varianten mit thermischer Solarnutzung bei MFH – sogar das Kostenoptimum dar. Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen bestätigen das Gesamtbild. Es kommt zu keinen größeren Änderungen in Bezug auf die Kostenoptimalität der untersuchten Varianten. Daraus lässt sich ableiten, dass eine weitere Verschärfung des gegenwärtigen bautechnischen Anforderungsniveaus

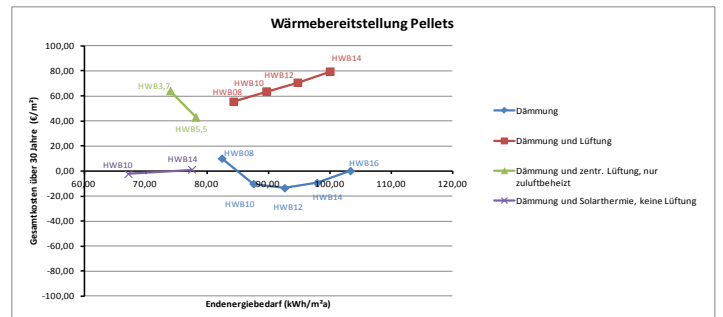
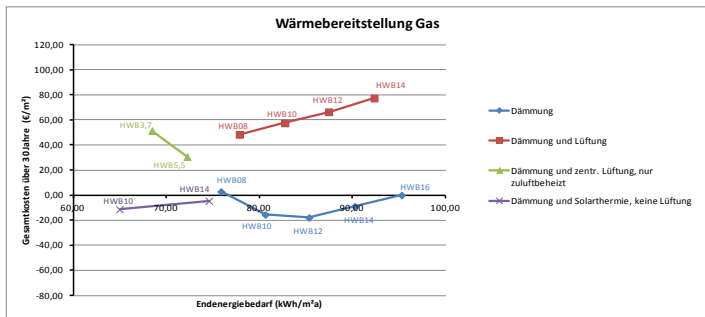
grundsätzlich umsetzbar wäre, ohne dass es dabei zu merklichen Gesamtkostensteigerungen über den Lebenszyklus kommen würde.

Abbildung 1 Ergebnisse der Analyse des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für Wohnungsneubauten im Überblick (Basisszenario) – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung)

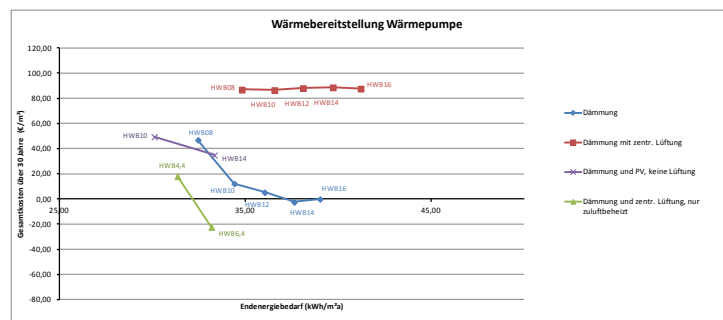
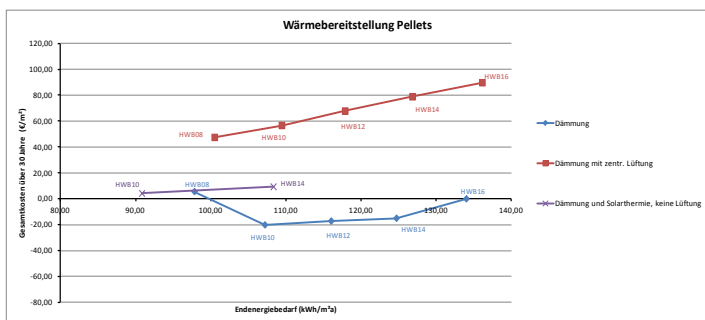
### Referenzgebäude MFH groß



### Referenzgebäude MFH klein



### Referenzgebäude EFH



# 1 Einleitung

---

Die Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie 2010 fordert, dass bei der Festlegung von Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zukünftig der Kosteneffizienz über den Lebenszyklus von Gebäuden Rechnung getragen wird. Nationale Mindeststandards sollen von den Mitgliedstaaten zukünftig so festgelegt werden, dass sie sich an einem Kostenoptimum aus Errichtungs- und Betriebskosten orientieren.

Im März 2012 hat die Kommission entsprechend der gegenständlichen Bestimmung in der EU-Gebäuderichtlinie zudem die Regulierung No 244/2012 (im Folgenden als EU-Regulierung bezeichnet) vorgelegt, in der die methodische Vorgangsweise bei der Analyse der Kostenoptimalität von Anforderungsniveaus verbindlich festgelegt wird. Obwohl diese EU-Regulierung in einigen Punkten einheitliche Regelungen vorsieht – z.B. im Hinblick auf die einzubeziehenden Kostenelemente, die Berechnungsalgorithmen sowie den Betrachtungszeitraum – lässt sie doch in vielen wichtigen Bereichen den Mitgliedstaaten Freiräume für nationalstaatliche Festlegungen, insbesondere hinsichtlich der angesetzten Errichtungs- und Wartungskosten oder bezüglich der Lebens-/Nutzungsdauer von Gebäudeelementen sowie der Diskontsätze und der angesetzten Energiepreise.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das gegenständliche Projekt das Ziel, anhand von drei beispielhaft ausgewählten Referenzgebäuden im Bereich der Neuerrichtung von Wohngebäuden das kostenoptimale Niveau der thermisch-energetischen Qualität zu ermitteln. Das Projekt versteht sich somit als „Test Case“ für die Berichtspflichten, die den Mitgliedstaaten – und somit auch Österreich – aus Art. 5 der Neufassung der Gebäuderichtlinie erwachsen. Auf Basis der Ergebnisse dieser Untersuchung können kostenoptimale Anforderungsniveaus abgeleitet und in den bautechnischen Vorschriften festgelegt werden.

Dabei ist die gegenständliche Variantenuntersuchung auf eine eingegrenzte Definition von Gebäuden – die sog. Referenzgebäude – beschränkt. Insgesamt werden drei unterschiedliche Wohngebäude analysiert, wobei es sich immer um Neubauten handelt. Es wird angenommen, dass die ausgewählten Referenzgebäude einen Großteil der neuerrichteten Wohngebäude in Österreich repräsentieren, und dass daher die Ergebnisse für die Referenzgebäude im Hinblick auf kostenoptimale Anforderungsniveaus verallgemeinert werden können.

Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die ausgewählten Referenzgebäude. Die konkrete Ausgestaltung der Referenzgebäude wird in den betreffenden Abschnitten im Detail beschrieben.



Tabelle 1 Überblick über die untersuchten Referenzgebäude

<b>Bezeichnung</b>	<b>Festlegung</b>
Gebäudekategorie	Wohngebäude
Gebäudearten	Einfamilienhaus, 1 – 2 Wohneinheiten Mehrfamilienhaus, 3 – 9 Wohneinheiten Großvolumiger Wohnbau, > 10 Wohneinheiten
Anlass	Neubau

## **2 Kostenoptimale Anforderungsniveaus für großvolumige Mehrfamilienhäuser**

---

### **2.1 Festlegung des Referenzgebäudes MFH groß**

Für den Fall des großvolumigen Wohnbaus („MFH groß“) wurde ein Referenzgebäude mit den nachfolgend dargestellten Charakteristika ausgewählt.

#### **2.1.1 Gebäudegestalt**

Beim festgelegten Referenzgebäude handelt es sich um einen Quader mit einer Grundfläche von 12 x 32 m sowie 6 Stockwerken. Damit weist das Gebäude eine Bruttogrundfläche von 2.304 m<sup>2</sup> auf. Die Kompaktheit ist mit einem  $l_c$ -Wert von 2,94 typisch für ein Wohngebäude in dieser Größenordnung.

Der Fensterflächenanteil wird konstant mit 20% festgelegt und wird in den Variantenanalysen nicht variiert. Dieser Fensterflächenanteil ist für großvolumige Wohngebäude typisch.

#### **2.1.2 Konstruktionstyp**

Da das Ziel der Untersuchung nicht in einem Vergleich unterschiedlicher Konstruktionstypen liegt, wird für das Referenzgebäude ein bestimmter Konstruktionstyp, der in der Variantenuntersuchung nicht mehr variiert wird, festgelegt. Als Konstruktionstyp des Referenzgebäudes wird ein Massivgebäude (Beton) mit Vollwärmeschutz ausgeführt.

#### **2.1.3 Haustechnik**

Was die haustechnische Ausstattung betrifft werden grundsätzlich zwei Formen der Energieversorgung – nämlich Fernwärme (hauszentrale Übergabestation) und Gas (Hauszentralheizung) unterschieden, d.h. sämtliche thermisch-energetischen Varianten werden für diese beiden Energieversorgungsformen berechnet (siehe im Detail unter 2.3.3). Es ist jedoch ausdrücklich zu betonen, dass der Fokus der Untersuchung nicht bei einem umfassenden Kostenvergleich der unterschiedlichen Energieträger liegt, sondern dass vielmehr analysiert werden soll, ob sich für unterschiedliche Formen der Energieversorgung (mit unterschiedlich hohen variablen Kosten) auch unterschiedliche Kostenoptima hinsichtlich der thermisch energetischen Qualität ergeben.

Ansonsten wird jeweils grundsätzlich die haustechnische Referenzausstattung angenommen, d.h. es werden keine Variantenuntersuchungen für unterschiedliche Ausstattungsqualitäten bei der Haustechnik durchgeführt.

## 2.2 Definition der Varianten für MFH groß

### 2.2.1 Wärmeschutz

Der Wärmeschutz des Gebäudes wird über den Wert des Heizwärmebedarfs ausgedrückt. Damit die Kompaktheit des Gebäudes in der Ergebnisdarstellung keine Rolle spielt, wird der Wärmeschutz in Form der HWB-Linien festgelegt. Die Berechnung der HWB-Linien erfolgt anhand der ÖNORM B 8110-6.

Für die Kostenanalyse werden die in Tabelle 2 dargestellten Varianten der thermischen Qualität des Wärmeschutzes festgelegt.

Tabelle 2: Varianten des Wärmeschutzes für die Berechnung des kostenoptimalen Anforderungsniveaus für MFH groß

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
HWB-Linie 16	HWB16	
HWB-Linie 14	HWB14	Wärmeschutz des Gebäudes, sodass die Anforderungen an den HWB nach ÖNORM B 8110-6 exakt die vorgegebene HWB-Linie ergibt.
HWB-Linie 12	HWB12	
HWB-Linie 10	HWB10	
HWB-Linie 8	HWB08	

Bei der Festlegung der jeweils erforderlichen Maßnahmen wird von den Mindest-U-Werten der OIB-Richtlinie 6 ausgegangen, die dann schrittweise und möglichst gleichmäßig für alle notwendigen Bauteile solange reduziert werden, bis sich die gewünschte HWB-Linie einstellt. Ungleichmäßige Festlegungen der U-Werte über verschiedene Bauteile werden bei der Definition der untersuchten Varianten möglichst vermieden, da dies einen unerwünschten Einfluss auf der Kostenseite haben könnte.

Für Fenster wird der U-Wert des gesamten Fensters vorgegeben ( $U_w$ ) und nicht auf die U-Werte des Rahmens ( $U_f$ ) sowie des Glases ( $U_g$ ) getrennt eingegangen.

In einem ersten Schritt werden die HWB-Linien ohne Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung berechnet, d.h. es wird nur die Qualität der Gebäudehülle variiert<sup>1</sup>. In weiterer Folge werden auch Szenarien mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung berechnet (siehe nachfolgendes Kapitel 2.2.2).

<sup>1</sup> Damit wird Bezug genommen auf aktuelle Diskussionen zu einer möglichen Überarbeitung der ÖNORM B 8110-6, wonach die Berechnung des HWB ohne Berücksichtigung der Effekte einer Wärmerückgewinnung erfolgen soll.

### 2.2.2 Mechanische Lüftungsanlage

Der Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist typisch für Gebäude- und Energiekonzepte von Niedrigstenergie- und Passivhäusern. Damit können Lüftungswärmeverluste deutlich reduziert werden. Demgegenüber stehen jedoch Mehrkosten in der Erstinvestition sowie in der Betriebsführung dieser Anlage.

Für die Kostenanalyse werden die in Tabelle 3 dargestellten unterschiedlichen Varianten festgelegt.

Tabelle 3: Unterschiedliche Varianten für mechanische Lüftungsanlagen

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
Zentrale Lüftung der Wohnfläche mit Luftheizung	MLzh	Zentrale mechanische Be- und Entlüftung der Wohnfläche mit Beheizung des Gebäudes ausschließlich über Vorwärmung der Zuluft („Luftheizung“), 75% der Lüftungswärmeverluste können zurückgewonnen werden.
Zentrale Lüftung der Wohnfläche	MLzl	Zentrale mechanische Be- und Entlüftung der Wohnfläche mit Beheizung des Gebäudes, 75% der Lüftungswärmeverluste können zurückgewonnen werden, die Beheizung des Gebäudes erfolgt über ein zusätzliches statisches Wärmeabgabesystem
Keine mechanische Lüftung	MLk	Gebäude ohne mechanische Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

Im Einzelnen war die Vorgangsweise bei der Festlegung der Varianten mit Lüftungsanlagen wie folgt: Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Varianten mit Lüftungsanlagen im Vergleich zu Varianten ohne Lüftungsanlage aber gleichem HWB eine geringere Qualität des Wärmeschutzes aufweisen. Da gleichzeitig aber die Mindest-U-Werte der OIB-Richtlinie 6 einzuhalten sind, sind nur Varianten ab der HWB-Linie 12 zulässig. Darüber hinaus wurden Varianten berechnet, bei denen ein sehr hoher Wärmeschutzstandard mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kombiniert wurde. Dazu wurden jene Varianten, bei denen die HWB-Linien 8 und 10 nur über den Wärmeschutz erreicht werden, zusätzlich mit einer Lüftungsanlage ausgestattet. Für diese Varianten ergeben sich HWB-Linien von 2,9 bzw. 4,6. In zwei Varianten wurde außerdem auf das statische Heizungssystem verzichtet, sodass die Beheizung ausschließlich über die Lüftungsanlage erfolgt – das sind also Varianten, die dem idealtypischen Passivhaus-Konzept entsprechen.

### 2.2.3 Wärmebereitstellung

Bei der Berechnung der Energiekosten spielt der Energieträger eine bedeutende Rolle. Darüber hinaus beeinflusst die Art der Wärmebereitstellung die Wärmeverluste der haustechnischen Anlage.

Für die Kostenanalyse bei MFH groß werden in Bezug auf die Wärmebereitstellung die in Tabelle 4 dargestellten Varianten festgelegt. Dahinter steckt die Annahme, dass der überwiegende Teil der großvolumigen Wohngebäude im urbanen Raum errichtet wird und daher die ausgewählten Energiebereitstellungssysteme Gas und Fernwärme überwiegen werden.

Die restlichen Input-Parameter für die Haustechnik entsprechen die der Referenzausstattung nach ÖNORM H 5056. Das Warmwasser wird gemeinsam mit der Wärmebereitstellung für Raumheizung erzeugt.

Tabelle 4 Festlegungen für die Wärmebereitstellungssysteme

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
Fernwärme	FW	Gebäudezentrale Fernwärme-Übergabestation im Gebäude mit getrenntem Sekundärkreis für die Beheizung und Warmwasserversorgung des Gebäudes.
Gas Brennwertkessel	Gas	Gebäudezentraler Gas-Brennwertkessel

## 2.2.4 Solarenergie

Beim von der Europäischen Kommission vorgeschlagenen Pfad hin zu Niedrigstenergiegebäuden (Nearly Zero Energy Buildings) spielen alternative Energiesysteme auf Basis von erneuerbaren Energieträgern eine entscheidende Rolle. In Artikel 2 der Gebäuderichtlinie wird festgelegt, dass der sehr geringe Energiebedarf von Niedrigstenergiegebäuden zu einem wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen, die bevorzugt am Standort oder in der Nähe erzeugt wird, gedeckt werden soll. Daher sind entsprechende Varianten auch in der Analyse der Kostenoptimalität zu berücksichtigen.

Für die gegenständliche Kostenanalyse großvolumiger Wohnungsneubauten wird eine Variante mit thermischer Solarenergienutzung wie in Tabelle 5 festgelegt.

Tabelle 5 Festlegung der Variante mit thermischer Solaranlage

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserversorgung	ST	Thermische Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 100 m <sup>2</sup> auf der horizontalen Dachfläche, hochselektiv, Orientierung Süd, Neigung 40°
Keine thermische Solar- oder Photovoltaikanlage	STPVk	Keine thermische Solar- oder Photovoltaikanlage

## 2.2.5 Überblick über die Variantenfestlegung

Aus der Kombination der oben beschriebenen Maßnahmenpakete ergeben sich insgesamt knapp 60 mögliche Varianten, die wie folgt auf 28 zu untersuchende Varianten reduziert wurden:

- Die Varianten mit HWB-Linie 14 und 16 mit Lüftungsanlage sind nicht möglich, da dabei die Mindest-U-Werte laut Bauordnung für wesentliche Bauteile unterschritten werden müssten. Daher werden diese Varianten auch nicht untersucht.
- Die Varianten mit thermischer Solaranlage werden nur für jeweils zwei Ausführungsvarianten untersucht, die sich in den zuvor durchgeführten Analysen als nahe am Kostenoptimum erwiesen haben.

Tabelle 6 fasst die untersuchten Varianten zusammen.

Tabelle 6 Überblick über die untersuchten Varianten des Referenzgebäudes MFH groß

Nr.	HWB-Linie	FE	ML-WRG	WB	Solar
1	HWB16	FE20	MLk	FW	STPVk
2	HWB14	FE20	MLk	FW	STPVk
3	HWB12	FE20	MLk	FW	STPVk
4	HWB10	FE20	MLk	FW	STPVk
5	HWB08	FE20	MLk	FW	STPVk
6	HWB12	FE20	MLzl	FW	STPVk
7	HWB10	FE20	MLzl	FW	STPVk
8	HWB08	FE20	MLzl	FW	STPVk
9	HWB4,6	FE20	MLzl	FW	STPVk
10	HWB2,9	FE20	MLzl	FW	STPVk
11	HWB4,6	FE20	MLzlh	FW	STPVk
12	HWB2,9	FE20	MLzlh	FW	STPVk
13	HWB16	FE20	MLk	Gas	STPVk
14	HWB14	FE20	MLk	Gas	STPVk
15	HWB12	FE20	MLk	Gas	STPVk
16	HWB10	FE20	MLk	Gas	STPVk
17	HWB08	FE20	MLk	Gas	STPVk
18	HWB12	FE20	MLzl	Gas	STPVk
19	HWB10	FE20	MLzl	Gas	STPVk
20	HWB08	FE20	MLzl	Gas	STPVk
21	HWB4,6	FE20	MLzl	Gas	STPVk
22	HWB2,9	FE20	MLzl	Gas	STPVk
23	HWB4,6	FE20	MLzlh	Gas	STPVk
24	HWB2,9	FE20	MLzlh	Gas	STPVk
25	HWB14	FE20	MLk	FW	ST
26	HWB12	FE20	MLk	FW	ST
27	HWB14	FE20	MLk	Gas	ST
28	HWB12	FE20	MLk	Gas	ST

## 2.3 Inputfaktoren für die Berechnung

### 2.3.1 Erhebung der Kostendaten

Die Kostendaten basieren zum überwiegenden Teil auf einer Erhebung, die e7 gemeinsam mit dem Partner M.O.O.CON im Jahr 2010 im Zusammenhang mit dem Aufbau eines planungsbegleitenden Lebenszykluskostentools bei mehreren Baufirmen durchgeführt hat und die seither kontinuierlich aktualisiert wird<sup>2</sup>. Die Erhebung wurde für großvolumige Dienstleistungsgebäude durchgeführt und es wird angenommen, dass viele der technischen Maßnahmen auch in großvolumigen Wohngebäuden in ähnlicher Weise umgesetzt werden und dass daher die Kosten unmittelbar angewendet werden können. Lediglich für Kosten der Lüftungsanlagen, die in Dienstleistungsgebäuden deutlich größer dimensioniert sind als in Wohngebäuden, wurden zusätzliche Quellen verwendet<sup>3</sup>.

Im Folgenden werden die einzelnen verwendeten Kosteninputdaten im Detail dargestellt. Ergänzend sei angemerkt, dass ein pauschaler Planungskostenzuschlag von 10% auf die Errichtungskosten angesetzt wurde.

### 2.3.2 Hüllenqualität und deren Errichtungskosten

In der Tabelle 7 sind die Inputfaktoren im Zusammenhang mit der thermischen Qualität der Gebäudehülle zusammengefasst. Den unterschiedlichen HWB-Linien werden jeweils U-Werte für Fassadendämmung, Dachdämmung und Kellerdeckendämmung sowie die dafür aufzuwendenden Kosten zugeordnet. Als Kosten werden nur jene Kostenbestandteile angesetzt, die für die untersuchten Varianten unterschiedlich sind, d.h. es kommt anstelle eines Vollkostenansatzes ein sog. Zusatzkostenansatz zur Anwendung.

---

<sup>2</sup> vgl. Hofer, G., Herzog, B., Planungsunterstützende Lebenszykluskostenanalyse für nachhaltige Gebäude, [http://www.e-sieben.at/de/download/Hofer\\_Herzog\\_Planungsuntersttzende\\_Lebenszykluskostenanalyse.pdf](http://www.e-sieben.at/de/download/Hofer_Herzog_Planungsuntersttzende_Lebenszykluskostenanalyse.pdf)

<sup>3</sup> Schöberl, Helmut (2011), Reduktion der Wartungskosten von Lüftungsanlagen in Plus-Energiehäusern, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, Wien, Oktober 2011 sowie Schöberl, Helmut; Lang, Christoph; Handler, Simon (2012): Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausprojekten, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, Wien, August 2012

Tabelle 7 Unterschiedliche Hüllenqualitäten mit zugehörigen U-Werten und angesetzten Kosten pro m<sup>2</sup> Hüllfläche für das Referenzgebäude MFH groß

	VARIANTEN 1-5, 13-17 und 25-28 ohne Lüftungsanlage			VARIANTEN 6-12 und 18-24 mit Lüftungsanlage	
WÄRMEDÄMMUNG	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	KOSTEN (€/m <sup>2</sup> )	WÄRMEDÄMMUNG	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	KOSTEN (€/m <sup>2</sup> )
<b>Fassadendämmung</b>			<b>Fassadendämmung</b>		
HWB- Linie 16	0,27	66	HWB- Linie 12	0,30	65
HWB- Linie 14	0,21	70	HWB- Linie 10	0,25	67
HWB- Linie 12	0,15	78	HWB- Linie 08	0,18	73
HWB- Linie 10	0,11	89	HWB- Linie 4,6	0,11	89
HWB- Linie 08	0,08	113	HWB- Linie 2,9	0,08	113
<b>Dachdämmung</b>			<b>Dachdämmung</b>		
HWB- Linie 16	0,15	185	HWB- Linie 12	0,18	173
HWB- Linie 14	0,15	185	HWB- Linie 10	0,15	185
HWB- Linie 12	0,13	195	HWB- Linie 08	0,13	195
HWB- Linie 10	0,12	201	HWB- Linie 4,6	0,12	201
HWB- Linie 08	0,10	218	HWB- Linie 2,9	0,10	218
<b>Kellerdeckendämmung</b>			<b>Kellerdeckendämmung</b>		
HWB- Linie 16	0,30	40	HWB- Linie 12	0,40	20
HWB- Linie 14	0,25	50	HWB- Linie 10	0,38	24
HWB- Linie 12	0,22	56	HWB- Linie 08	0,38	24
HWB- Linie 10	0,15	70	HWB- Linie 4,6	0,15	70
HWB- Linie 08	0,10	80	HWB- Linie 2,9	0,10	80
<b>FENSTER</b>			<b>FENSTER</b>		
HWB- Linie 16	1,20	537	HWB- Linie 12	1,35	530
HWB- Linie 14	1,15	540	HWB- Linie 10	1,25	533
HWB- Linie 12	1,10	544	HWB- Linie 08	1,20	537
HWB- Linie 10	1,00	551	HWB- Linie 4,6	1,00	551
HWB- Linie 08	0,75	650	HWB- Linie 2,9	0,75	650

Als Nutzungsdauer für die Wärmedämmung werden 60 Jahre und für die Fenster 35 Jahre angesetzt, d.h. sie müssen innerhalb des Betrachtungszeitraumes der Untersuchung von 30 Jahren nicht ersetzt werden. Als Fenstertyp wurden Holz-Alu-Fenster ausgewählt<sup>4</sup>.

Im Zuge einer Sensitivitätsanalyse wurde weiters überprüft, welche Auswirkungen die Reduktion der Nutzungsdauer der Dämmmaßnahmen von 60 auf 35 Jahren auf das Endergebnis hat.

<sup>4</sup> Diese Festlegung stützt sich auf die Tatsache, dass in der Wohnbauförderung der Stadt Wien Kunststoffenster von der Förderung ausgeschlossen sind und daher im geförderten Wohnbau überwiegend Holz-Alu-Fenster zum Einsatz kommen.



### 2.3.3 Inputfaktoren zu Lüftungsanlage und Heizung

Tabelle 8 fasst die wesentlichen ökonomischen Inputdaten für die Lüftungsanlage und die Heizungsanlage zusammen. In Bezug auf die angesetzten Nutzungsdauern wird wie folgt differenziert:

- Lüftungskanäle und Heizungsverteilung weisen eine Nutzungsdauer von 35 Jahren auf und müssen daher während des Betrachtungszeitraums nicht erneuert werden.
- Die Heizungszentrale und die Lüftungszentrale müssen jedoch nach 20 Jahren erneuert werden. Bei den betreffenden Szenarien gehen Reinvestitionskosten in der Höhe der Anschaffungskosten in die Berechnung mit ein.

Tabelle 8 Inputdaten zu Errichtungs- und Betriebskosten der Lüftungsanlage und der Heizungsanlage für das Referenzgebäude MHF groß

LÜFTUNG	BAUKOSTEN (€/m <sup>2</sup> BGF)	Wartung Zentralgerät (€/m <sup>2</sup> BGF)	Instandhaltung Zentralgerät (€/m <sup>2</sup> BGF)
keine mechanische Lüftung, Fensterlüftung	0	0	0
Mechanische Lüftung (mit/ohne Beheizung): Lüftungskanäle	35	0	0
Mechanische Lüftung mit WRG, Lüftungszentrale und -auslässe (keine Kanäle), für die Beheizung ist ein zusätzliches System vorgesehen	20	0,5	0,2
Mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Lüftungszentrale und auslässe (keine Kanäle), wird auch für die Beheizung des Gebäudes verwendet	25	0,5	0,2
HEIZUNG	BAUKOSTEN	Wartung Kessel bzw. Übergabestation (€/a)	Instandhaltung Kessel bzw. Übergabestation (€/a)
Gas Brennwertkessel	155 €/kW	255	385
Fernwärme: Übergabestation und Anbindung an	100 €/kW	150	150
Wärmeverteilung für Radiatoren (inkl. Radiatoren)	30 €/m <sup>2</sup> BGF	-	-
SOLARANLAGE	BAUKOSTEN (€/m <sup>2</sup> Kollektor- fläche)	Wartung (€/m <sup>2</sup> Kollektor- fläche)	Instandhaltung (€/m <sup>2</sup> Kollektorfläche)
	500	3,75	1,67

### 2.3.4 Energiepreise und sonstige Preissteigerungen

Da bei der gegenständlichen Analyse entsprechend den Vorschriften der EU-Regulierung in einem ersten Schritt eine mikroökonomische Perspektive eingenommen wird, verstehen sich die angesetzten Energiepreise grundsätzlich als Bruttopreise, d.h. als jene Preise, die vom Konsumenten zu tragen sind.

Für das Startjahr werden die folgenden Durchschnittspreise angesetzt:

- Fernwärme: 0,11 €/kWh. Vereinfachend wird ein Mischpreis zwischen Arbeit und Anschlussleistung angesetzt. Die Messpreise wurden nicht berücksichtigt, da sie nicht von der thermisch-energetischen Qualität des Gebäudes abhängen. Der angesetzte Mischpreis wurde mit einigen Fernwärmetarifen verglichen und gehört eher zu den höheren Fernwärmetarifen in Österreich. Für die Fernwärme Wien ergibt sich bezogen auf das Referenzgebäude beispielsweise ein Mischpreis von knapp 0,10 €/kWh.
- Gas: 0,07 €/kWh. Dieser Mischpreis basiert überwiegend auf dem Arbeitspreis.

Was die Energiepreisentwicklung betrifft, so wird für beide Energieträger eine reale Energiepreissteigerung von 4% pro Jahr (entspricht nominal 6%) angenommen. Diese Annahme liegt etwas über der Empfehlung laut EU-Regulierung, die sich auf das jeweils aktuellste Update der regelmäßig erscheinenden Publikation „EU Energy Trends to 2030“ beruft. Die letztverfügbare Version aus dem Jahr 2009 enthält eine Preisprognose von durchschnittlich 2,8% p.a. real (4,8% nominal). Der Einfluss dieser etwas niedrigeren Annahme in Bezug auf die Energiepreissteigerung wird in einer eigenen Sensitivitätsanalyse untersucht.

Darüber hinaus wird angenommen, dass es bei den Baukosten sowie bei den Kosten für Wartung und Instandhaltung zu keinen realen Preissteigerungen kommt (2% nominale Preissteigerung).

### **2.3.5 Betrachtungszeitraum**

Der Betrachtungszeitraum wird in der EU-Regulierung festgelegt. Für Wohngebäude beträgt er 30 Jahre. Generell ist anzumerken, dass aufgrund der ebenfalls in der EU-Regulierung vorgeschriebenen Berücksichtigung der Restwerte der verschiedenen Gebäudeelemente zum Ende des Betrachtungszeitraumes, die Auswirkung der Wahl des Betrachtungszeitraumes auf das Endergebnis limitiert ist.

### **2.3.6 Diskontsatz**

Was den Diskontsatz betrifft, lässt die EU-Regulierung der Mitgliedstaaten einen großen Spielraum für nationalstaatliche Festlegungen. In der gegenständlichen Analyse wurde der Diskontsatz mit real 2% (nominal 4%) festgelegt. Dieser Ansatz reflektiert das aktuelle Zinsniveau für langfristige hypothekarbesicherte Kredite und ist – abhängig von der Bonität und der Gewinnerwartung des Errichters – als realistischer Basiswert anzusehen<sup>5</sup>. Im

---

<sup>5</sup> Zusammenstellung der Österreichischen Nationalbank zu Kreditzinsen im Neugeschäft (September 2012): <http://www.oenb.at/isaweb/report.do?lang=DE&report=2.10>

Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss eines etwas höheren Diskontsatzes von 3% real (nominal 5%) auf das Berechnungsergebnis untersucht.

## 2.4 Berechnungsergebnisse für das Basisszenario

Ausgehend von den oben dargestellten Annahmen wurden entsprechend der methodischen Vorgaben der EU-Regulierungen die Lebenszykluskosten für die zu untersuchenden Varianten ermittelt. Die Lebenszykluskosten umfassen dabei die Errichtungskosten, die Wartungskosten, die laufenden Instandhaltungskosten, die Erneuerungskosten für jene Gebäudeelemente, die innerhalb des Betrachtungszeitraumes ersetzt werden müssen, sowie die Energiekosten. In Abbildung 2 und Abbildung 3 sind die wesentlichen Berechnungsergebnisse für das Basisszenario zusammengefasst. Die wesentlichen Ergebnisse können wie folgt beschrieben werden:

- Die gesamten Lebenszykluskosten sind bei den gasversorgten Varianten generell etwas niedriger als bei den fernwärmeversorgten Varianten.
- Weiters ist als generelles Bild festzuhalten, dass die Kostenkurven für vergleichbare Varianten jeweils äußerst flach verlaufen. Die Varianten ohne Lüftungsanlagen – bei denen eine bestimmte HWB-Linie ausschließlich über die Verbesserung der Gebäudehülle erreicht wird – sind generell kostengünstiger als die Varianten mit Lüftungsanlage.
- Die Varianten, bei denen nur die Hüllenqualität variiert wird (blaue Linie in der Abbildung), weisen im Fall der Fernwärmeversorgung ein leichtes Kostenoptimum bei der HWB-Linie 10 und bei der Gasversorgung ein leichtes Kostenoptimum bei der HWB-Linie 12 auf. Allerdings sind die Kostenunterschiede vor allem im Bereich der HWB-Linien 10 bis 14 äußerst gering. Im fernwärmeversorgten Referenzgebäude ist auch die HWB-Linie 8 nicht weit vom Kostenoptimum entfernt. Im gasversorgtem Referenzgebäude kann man jedoch für die Variante der HWB-Linie 8 von einem leichten „Kostensprung“ im Vergleich zum Kostenoptimum sprechen.
- Was die Varianten mit Lüftungsanlage betrifft, so sind natürlich jene Konzepte bei denen auf ein zusätzliches statisches Heizungssystem verzichtet wird am günstigsten, da in diesem Fall Kosten der Heizungsverteilung reduziert werden können. Dies gilt auch dann, wenn man berücksichtigt, dass Konzepte mit Luftheizung nur bei äußerst guter Hüllenqualität umsetzbar sind.
- Die Varianten mit thermischer Solaranlage stellen sich als äußerst wirtschaftlich dar und führen zudem zu einer deutlichen Verbesserung beim Endenergiebedarf. Im Fall des fernwärmeversorgten Referenzgebäudes erweist sich die Variante HWB-

Linie 12 mit Solaranlage sogar als das Kostenoptimum für alle im Basisszenario untersuchten Varianten.

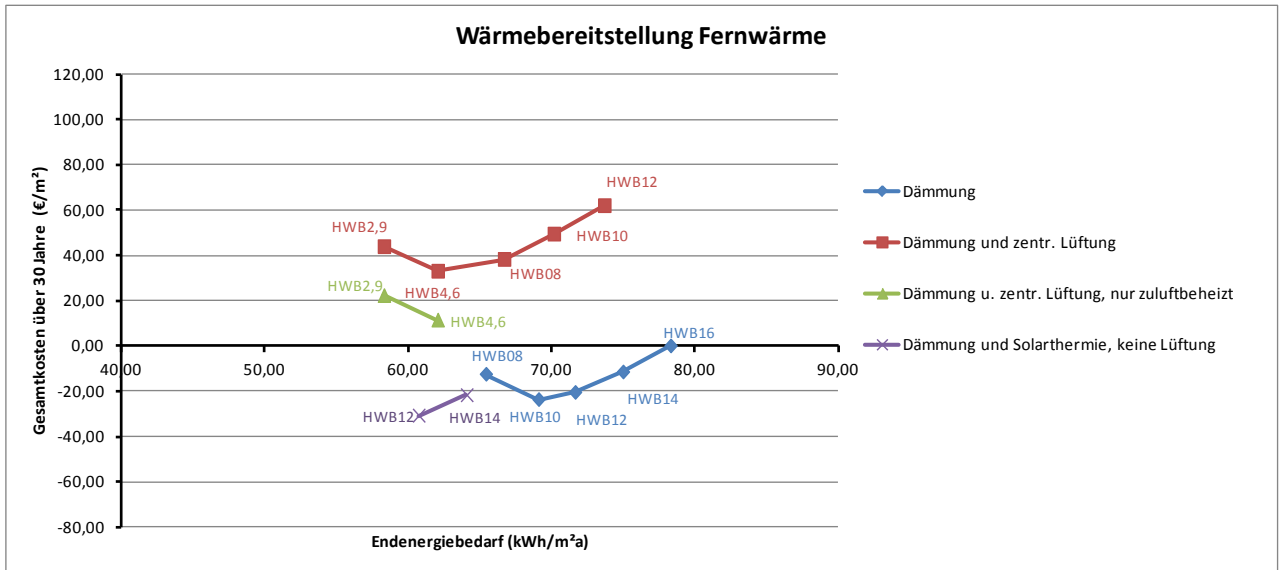


Abbildung 2 Berechnungsergebnisse für das fernwärmeversorgte Referenzgebäude MFH groß – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung)

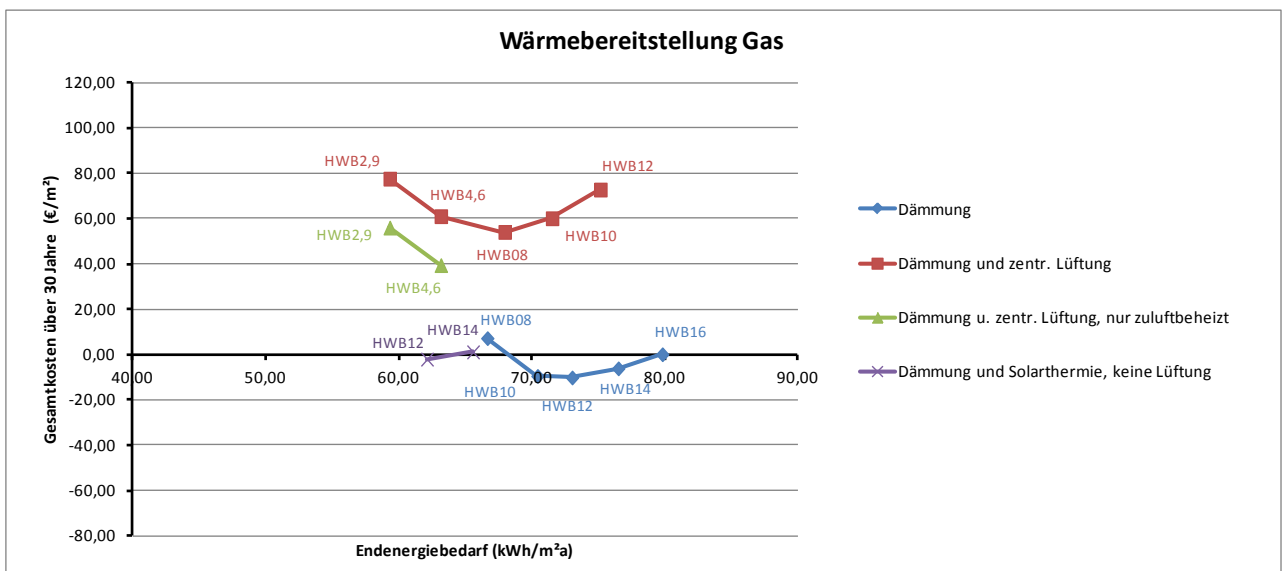


Abbildung 3 Berechnungsergebnisse für das gasversorgte Referenzgebäude MFH groß – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung)

## 2.5 Sensitivitätsanalysen

Es wurden die folgenden Sensitivitätsanalysen durchgeführt:

- Szenario niedrigere Energiepreissteigerung: Als Energiepreissteigerung wird 2,8% p.a. real (4,8% nominal) angesetzt (anstelle von 4% real bzw. 6% nominal im Basisszenario);
- Szenario höherer Diskontsatz: Als Diskontsatz wird 3% real bzw. nominal 5% (anstelle von 2% real bzw. 4% nominal im Basisszenario) angesetzt;
- Reduktion der Nutzungsdauer aller Wärmedämmmaßnahmen von 60 Jahren auf 35 Jahre.

Die Auswirkungen auf das Gesamtergebnis sind – insbesondere im Hinblick auf deutlichere Verschiebungen des Kostenoptimums – gering: Sowohl beim fernwärme- als auch beim gasversorgten Referenzgebäude ergibt sich für sämtliche Sensitivitätsanalysen kein geändertes Kostenoptimum. Darüber hinaus ist zu betonen, dass die Kostenkurven weiterhin äußerst flach verlaufen und dass die Unterschiede bei den Lebenszykluskosten äußerst gering sind.

Die nachfolgende Tabelle 9 fasst die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen im Vergleich zu den Ergebnissen des Basisszenarios für das Referenzgebäude MFH groß zusammen.

Tabelle 9 Zusammenfassung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen im Vergleich zu den Ergebnissen des Basisszenarios für MFH groß

**Gesamtkosten über 30 Jahre (€/m²) und deren prozentuelle Änderung**

**Fernwärme**

Variante		nur Dämmung					Dämmung und zentr. Lüftung					Dämm. u Lü, zuluftbeheizt		mit Solar, ohne Lü	
		HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB12	HWB10	HWB08	HWB4,6	HWB2,9	HWB4,6	HWB2,9	HWB14	HWB12
Basisszenario		450,82	439,31	430,29	<b>427,13</b>	438,31	512,79	500,23	489,05	<b>483,83</b>	494,67	<b>462,24</b>	473,07	429,04	<b>420,02</b>
Sensitivität 1 (Energiepreisänderung von 6% auf 4,8%)	absolut	403,09	394,11	387,64	<b>386,42</b>	400,40	467,42	457,54	448,99	<b>447,30</b>	461,00	<b>425,71</b>	439,40	392,20	<b>385,73</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	-10,59%	-10,29%	-9,91%	-9,53%	-8,65%	-8,85%	-8,53%	-8,19%	-7,55%	-6,81%	-7,90%	-7,12%	-8,59%	-8,16%
Sensitivität 2 (Diskontsatzänderung von 2% real auf 3% real)	absolut	416,68	407,69	401,46	<b>400,74</b>	416,04	477,98	468,06	459,58	<b>458,84</b>	473,84	<b>436,18</b>	451,18	402,87	<b>396,64</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	-7,57%	-7,20%	-6,70%	-6,18%	-5,08%	-6,79%	-6,43%	-6,03%	-5,17%	-4,21%	-5,64%	-4,63%	-6,10%	-5,57%
Sensitivität 3 (Änderung der Nutzungsdauer der Dämmstoffe von 60 auf 35 J.)	absolut	466,83	456,15	448,67	<b>447,54</b>	462,56	527,52	515,78	505,67	<b>504,25</b>	518,92	<b>482,65</b>	497,33	445,89	<b>438,40</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	+3,55%	+3,83%	+4,27%	+4,78%	+5,53%	+2,87%	+3,11%	+3,40%	+4,22%	+4,90%	+4,42%	+5,13%	+3,93%	+4,38%

**Gas**

Variante		nur Dämmung					Dämmung und zentr. Lüftung					Dämm. u Lü, zuluftbeheizt		mit Solar, ohne Lü	
		HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB12	HWB10	HWB08	HWB4,6	HWB2,9	HWB10	HWB08	HWB14	HWB12
Basisszenario		361,37	355,15	<b>351,12</b>	351,80	368,48	434,05	421,38	<b>415,36</b>	422,30	438,86	<b>400,71</b>	417,27	362,44	<b>359,24</b>
Sensitivität 1 (Energiepreisänderung von 6% auf 4,8%)	absolut	329,94	325,33	<b>322,97</b>	324,91	343,42	403,10	393,11	<b>388,82</b>	397,16	415,57	<b>375,57</b>	393,98	337,84	<b>336,31</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	-8,70%	-8,40%	-8,02%	-7,64%	-6,80%	-7,13%	-6,71%	-6,39%	-5,95%	-5,31%	-6,27%	-5,58%	-6,79%	-6,38%
Sensitivität 2 (Diskontsatzänderung von 2% real auf 3% real)	absolut	340,93	336,43	<b>334,43</b>	336,96	356,92	411,31	401,29	<b>397,18</b>	406,76	426,61	<b>384,09</b>	403,95	346,46	<b>345,25</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	-5,66%	-5,27%	-4,75%	-4,22%	-3,14%	-5,24%	-4,77%	-4,38%	-3,68%	-2,79%	-4,15%	-3,19%	-4,41%	-3,89%
Sensitivität 3 (Änderung der Nutzungsdauer der Dämmstoffe von 60 auf 35 J.)	absolut	377,38	372,00	<b>369,50</b>	372,22	392,73	448,78	436,93	<b>431,99</b>	442,71	463,11	<b>421,12</b>	441,52	379,29	<b>377,61</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	+4,43%	+4,74%	+5,23%	+5,80%	+6,58%	+3,39%	+3,69%	+4,00%	+4,83%	+5,53%	+5,09%	+5,81%	+4,65%	+5,11%

**485,09**

günstigste Variante des jeweiligen Szenarios

## **3 Kostenoptimale Anforderungsniveaus für kleinere Mehrfamilienhäuser**

---

### **3.1 Festlegung des Referenzgebäudes MFH klein**

Kleinvolumige Wohngebäude („MFH klein“) sind typisch für den ländlichen und suburbanen Bereich. Sie werden entweder in Form von Reihenhäusern oder kleinere mehrgeschossiger Wohnbauten errichtet. Für diesen kleinvolumigen Wohnbau wurde ein Referenzgebäude mit den nachfolgend dargestellten Charakteristika festgelegt.

#### **3.1.1 Gebäudegestalt**

Beim festgelegten Referenzgebäude handelt es sich um einen Quader mit einer Grundfläche von 12 x 16 m sowie 3 Stockwerken. Damit weist das Gebäude eine Bruttogrundfläche von 576 m<sup>2</sup> auf. Die Kompaktheit ist mit einem  $I_c$ -Wert von 1,95 typisch für ein Wohngebäude in dieser Größenordnung und damit für viele Mehrfamilienwohngebäude im ländlichen Raum.

Wie beim Referenzgebäude MFH groß wird auch für die kleineren MFH ein Fensterflächenanteil von konstant mit 20% festgelegt. Damit reduziert sich die Variantenvielfalt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der angenommene Fensterflächenanteil weitgehend typisch ist.

#### **3.1.2 Konstruktionstyp**

Da das Ziel der Untersuchung nicht in einem Vergleich unterschiedlicher Konstruktionstypen liegt, wird für das Referenzgebäude ein bestimmter Konstruktionstyp, der in der Variantenuntersuchung nicht mehr variiert wird, festgelegt. Als Konstruktionstyp des Referenzgebäudes wird ein Massivgebäude (Beton) mit Vollwärmeschutz ausgeführt.

#### **3.1.3 Haustechnik**

Was die haustechnische Ausstattung betrifft, werden grundsätzlich zwei Formen der Energieversorgung – nämlich Pellets (Hauszentralheizung) und Gas (Hauszentralheizung) unterschieden, d.h. sämtliche thermisch-energetischen Varianten werden für diese beiden Energieversorgungsformen berechnet (siehe im Detail unter 3.2.3). Durch die Differenzierung nach Energieversorgungssystemen wird analysiert, ob sich für unterschiedliche Formen der Energieversorgung (mit unterschiedlich hohen variablen Kosten) auch unterschiedliche Kostenoptima in Bezug auf die thermisch energetische Qualität ergeben. Dahinter steckt die Annahme, dass im ländlichen und suburbanen Bereich diese Energieversorgungsarten überwiegen werden.

Ansonsten wird jeweils grundsätzlich die haustechnische Referenzausstattung angenommen, d.h. es werden keine Variantenuntersuchungen für unterschiedliche Ausstattungsqualitäten bei der Haustechnik durchgeführt.

## 3.2 Definition der Varianten für MFH klein

### 3.2.1 Wärmeschutz

Die Varianten der thermischen Qualität des Wärmeschutzes werden bei den kleineren MFH genauso wie bei den großen MFH anhand vom HWB-Linien festgelegt. Insgesamt werden 5 verschiedene HWB-Linien zwischen der Linie 8 und der Linie 14 untersucht. Damit gilt die Tabelle 2 aus Kapitel 2.2.1 daher analog.

### 3.2.2 Mechanische Lüftungsanlage

Auch in Bezug auf den Einsatz mechanischer Lüftungsanlagen werden die gleichen Varianten untersucht wie bei den MFH groß. Die Tabelle 3 aus Kapitel 2.2.2 gilt analog.

Auch für kleinere MFH gilt, dass die Varianten mit Lüftungsanlagen im Vergleich zu Varianten ohne Lüftungsanlage aber gleichem HWB eine geringere Qualität des Wärmeschutzes aufweisen. Da gleichzeitig aber die Mindest-U-Werte der OIB-Richtlinie 6 einzuhalten sind, sind nur Varianten ab der HWB-Linie 14 zulässig. Für die Varianten, bei denen ein sehr hoher Wärmeschutzstandard mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kombiniert wird ergeben sich HWB-Linien von 3,7 bzw. 5,5. Dazu wurden jene Varianten, bei denen die HWB-Linien 8 und 10 nur über den Wärmeschutz erreicht werden, zusätzlich mit einer Lüftungsanlage ausgestattet. Gleichzeitig wurde bei diesen beiden Varianten auf statische Heizungssysteme verzichtet, sodass die Beizung ausschließlich über die Lüftungsanlage erfolgt. Damit entsprechen diese Varianten dem idealtypischen Passivhaus-Konzept.

### 3.2.3 Wärmebereitstellung

Für die Kostenanalyse bei kleineren MFH werden in Bezug auf die Wärmebereitstellung die in Tabelle 10 dargestellten Varianten festgelegt. Die restlichen Input-Parameter für die Haustechnik entsprechen der Referenzausstattung nach ÖNORM H 5056. Das Warmwasser wird gemeinsam mit der Wärmebereitstellung für Raumheizung erzeugt.

Tabelle 10 Festlegungen für die Wärmebereitstellungssysteme für MFH klein

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
Pellets	Pellets	Gebäudezentraler Pelletskessel
Gas Brennwertkessel	Gas	Gebäudezentraler Gas-Brennwertkessel



### 3.2.4 Solarenergie

Ähnlich wie für das Referenzgebäude MFH groß werden auch bei der Kostenanalyse zum Referenzgebäude MFH klein Varianten, die die thermische Solarenergienutzung inkludieren, festgelegt (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11 Festlegung der Varianten mit thermischer Solaranlage für das Referenzgebäude MFH klein

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserversorgung	ST	Thermische Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 25 m <sup>2</sup> auf der horizontalen Dachfläche, hochselektiv, Orientierung Süd, Neigung 45°
Keine thermische Solar- oder Photovoltaikanlage	STPVk	Keine thermische Solar- oder Photovoltaikanlage

### 3.2.5 Überblick über die Variantenfestlegung

Aus der Kombination der oben beschriebenen Maßnahmenpakete ergeben sich insgesamt 30 mögliche Varianten, die wie folgt auf 26 zu untersuchende Varianten reduziert wurden:

- Die Varianten mit HWB-Linie 16 mit Lüftungsanlage sind nicht möglich, da dabei die Mindest-U-Werte laut Bauordnung für wesentliche Bauteile unterschritten werden müssten. Daher werden diese Varianten auch nicht untersucht.
- Die Varianten mit thermischer Solaranlage werden nur für jeweils zwei ausgewählte Ausführungsvarianten untersucht, die sich in den zuvor durchgeführten Analysen als kostenoptimale Varianten erwiesen haben.

Tabelle 12 fasst die untersuchten Varianten zusammen.

Tabelle 12 Überblick über die untersuchten Varianten für das Referenzgebäude MFH klein

Nr.	HWB-Linie	FE	ML-WRG	WB	Solar
1	HWB16	FE20	MLk	Pellets	STPVk
2	HWB14	FE20	MLk	Pellets	STPVk
3	HWB12	FE20	MLk	Pellets	STPVk
4	HWB10	FE20	MLk	Pellets	STPVk
5	HWB08	FE20	MLk	Pellets	STPVk
[6]	HWB16	FE20	MLzl	Pellets	STPVk
7	HWB14	FE20	MLzl	Pellets	STPVk
8	HWB12	FE20	MLzl	Pellets	STPVk
9	HWB10	FE20	MLzl	Pellets	STPVk
10	HWB08	FE20	MLzl	Pellets	STPVk
11	HWB5,5	FE20	MLzlh	Pellets	STPVk
12	HWB3,7	FE20	MLzlh	Pellets	STPVk
13	HWB16	FE20	MLk	Gas	STPVk
14	HWB14	FE20	MLk	Gas	STPVk
15	HWB12	FE20	MLk	Gas	STPVk
16	HWB10	FE20	MLk	Gas	STPVk
17	HWB08	FE20	MLk	Gas	STPVk
[18]	HWB16	FE20	MLzl	Gas	STPVk
19	HWB14	FE20	MLzl	Gas	STPVk
20	HWB12	FE20	MLzl	Gas	STPVk
21	HWB10	FE20	MLzl	Gas	STPVk
22	HWB08	FE20	MLzl	Gas	STPVk
23	HWB5,5	FE20	MLzlh	Gas	STPVk
24	HWB3,7	FE20	MLzlh	Gas	STPVk
25	HWB14	FE20	MLk	Pellets	ST
26	HWB10	FE20	MLk	Pellets	ST
27	HWB14	FE20	MLk	Gas	ST
28	HWB10	FE20	MLk	Gas	ST

### 3.3 Inputfaktoren für die Berechnung

#### 3.3.1 Plausibilisierung von Kostendaten

Wie in Kapitel 2.3.1 stützt sich die gegenständliche Analyse auf konsolidierte Kostendaten, die für ein Lebenszykluskosten-Tool, das e7 gemeinsam mit dem Partner M.O.O.CON entwickelt hat, erhoben wurden. Diese Daten sind gut auf großvolumige Wohngebäude übertragbar, ihre Anwendbarkeit für kleinere Wohngebäude ist jedoch unter Umständen eingeschränkt, da für kleinere Wohnbauten andere Kostenstrukturen erwartet werden können.

Aus diesem Grund wurden die verfügbaren Kostendaten anhand von aktuellen Erhebungen bei zwei gemeinnützigen Wohnbauträgern – der OSG Oberwarter Siedlungsgenossenschaft und der ENW Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft – plausibilisiert. Dabei zeigte sich generell das Bild, dass die vorhandenen Kostendaten mit einigen Ausnahmen auch die

Kostenstruktur für kleinere Wohngebäude ganz gut abdecken. Die Ausnahmen betreffen vor allem die oberste und die unterste Geschossdecke sowie den Bereich der Heizungsanlagen (einschließlich Speicher und Verteilung). In diesen Bereichen wurden die Kostendaten entsprechend angepasst. Als besonderer Fall erwiesen sich darüber hinaus die Kosten der Fenster. Die befragten Unternehmen bauten bei ihren zumeist kleineren Projekten praktisch ausschließlich Kunststofffenster ein, die deutlich günstiger sind, als die im Fall der großvolumigen Wohngebäude angesetzten Holz-Aluminium-Fenster. Allerdings verfügten die beiden Bauträger nicht über konsolidierte Kostendaten, aus denen man die *Kostenunterschiede* für unterschiedliche Qualitäten ablesen hätte können. Aus diesem Grund wurde entschieden, für die Fenster doch die Kosten aus der Kostendatenbank des e7-M.O.O.CON-Lebenszykluskosten-Tools zu verwenden.

Im Folgenden werden die einzelnen verwendeten Kosteninputdaten im Detail dargestellt. Ergänzend sei angemerkt, dass ein pauschaler Planungskostenzuschlag von 10% auf die Errichtungskosten angesetzt wurde.

### **3.3.2 Hüllenqualität und deren Errichtungskosten**

In Tabelle 13 findet sich eine Zusammenfassung der für unterschiedliche Hüllqualitäten angesetzten Kosten. Wie unter Kapitel 3.3.1 bereits dargestellt, wurden die für großvolumige Wohngebäude angesetzten Kosten durch Experteninterviews und Kostenerhebungen bei gemeinnützigen Wohnbauträgern plausibilisiert und gegebenenfalls angepasst, im Einzelnen wie folgt:

- Die Kosten für die Dachdämmung wurden generell etwas niedriger angesetzt, wobei die *Kostenunterschiede* zwischen den verschiedenen Qualitäten jedoch nur geringfügig reduziert wurden;
- Bei der Fassadendämmung fällt der Kostensprung von U-Wert 0,11 auf U-Wert 0,08 etwas geringer aus als bei MFH groß;
- Die Kosten für die Kellerdeckendämmung fallen generell etwas höher aus, da den Kostenerhebungen bei den Bauträgern andere Bodenkonstruktionen zugrunde liegen. Die Kostenspreizung ist aber praktisch gleich wie bei den für MFH groß angesetzten Kosten.

Tabelle 13 Unterschiedliche Hüllenqualitäten mit zugehörigen U-Werten und angesetzten Kosten pro m<sup>2</sup> Hüllfläche für das Referenzgebäude MFH klein

	VARIANTEN 1-5, 13-17 und 25-28 ohne Lüftungsanlage			VARIANTEN 6-12 und 18-24 mit Lüftungsanlage	
WÄRMEDÄMMUNG	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	KOSTEN (€/m <sup>2</sup> )	WÄRMEDÄMMUNG	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	KOSTEN (€/m <sup>2</sup> )
<b>Fassadendämmung</b>			<b>Fassadendämmung</b>		
HWB- Linie 16	0,27	66	HWB- Linie 14	0,32	64
HWB- Linie 14	0,23	69	HWB- Linie 12	0,27	66
HWB- Linie 12	0,16	76	HWB- Linie 10	0,23	69
HWB- Linie 10	0,12	86	HWB- Linie 08	0,18	73
HWB- Linie 08	0,08	107	HWB- Linie 5,5	0,12	86
			HWB- Linie 3,7	0,08	107
<b>Dachdämmung</b>			<b>Dachdämmung</b>		
HWB- Linie 16	0,15	137	HWB- Linie 14	0,18	129
HWB- Linie 14	0,14	139	HWB- Linie 12	0,17	132
HWB- Linie 12	0,13	142	HWB- Linie 10	0,15	137
HWB- Linie 10	0,12	148	HWB- Linie 08	0,14	139
HWB- Linie 08	0,09	166	HWB- Linie 5,5	0,12	148
			HWB- Linie 3,7	0,09	166
<b>Kellerdeckendämmung</b>			<b>Kellerdeckendämmung</b>		
HWB- Linie 16	0,31	50	HWB- Linie 14	0,37	45
HWB- Linie 14	0,23	61	HWB- Linie 12	0,32	49
HWB- Linie 12	0,22	63	HWB- Linie 10	0,27	54
HWB- Linie 10	0,15	87	HWB- Linie 08	0,23	61
HWB- Linie 08	0,14	92	HWB- Linie 5,5	0,15	87
			HWB- Linie 3,7	0,14	92
<b>FENSTER</b>			<b>FENSTER</b>		
HWB- Linie 16	1,20	537	HWB- Linie 14	1,36	530
HWB- Linie 14	1,13	542	HWB- Linie 12	1,29	533
HWB- Linie 12	1,10	544	HWB- Linie 10	1,20	537
HWB- Linie 10	0,94	562	HWB- Linie 08	1,10	544
HWB- Linie 08	0,76	645	HWB- Linie 5,5	0,94	562
			HWB- Linie 3,7	0,76	645

Wie beim Referenzgebäude MFH groß werden auch beim Referenzgebäude MFH klein als Nutzungsdauer für die Wärmedämmung 60 Jahre und für die Fenster 35 Jahre angesetzt, d.h. diese Gebäudeelemente müssen innerhalb des Betrachtungszeitraumes der Untersuchung von 30 Jahren nicht ersetzt werden. Die Fenster sind als Holz-Alu-Fenster ausgeführt.

Im Zuge einer Sensitivitätsanalyse wurde weiters überprüft, welche Auswirkungen die Reduktion der Nutzungsdauer der Dämmmaßnahmen von 60 auf 35 Jahren auf das Endergebnis hat.

### 3.3.3 Inputfaktoren zu Lüftungsanlage und Heizung

Tabelle 14 fasst die wesentlichen ökonomischen Inputdaten für die Lüftungsanlage und die Heizungsanlage zusammen. Was die Lüftungsanlagen betrifft, ergaben sich aus den Erhebungen bei den Bauträgern keine Hinweise darauf, dass deren Kosten für kleinere MFH anders anzusetzen wären als für größere MFH. Die Kosten für die Heizungssysteme und Solaranlagen mussten hingegen wegen der geringeren Anlagengrößen angepasst werden.

In Bezug auf die angesetzten Nutzungsdauern wird wie folgt differenziert:

- Lüftungskanäle und Heizungsverteilung weisen eine Nutzungsdauer von 35 Jahren auf und müssen daher während des Betrachtungszeitraums nicht erneuert werden;
- Die Heizungszentrale und die Lüftungszentrale müssen jedoch nach 20 Jahren erneuert werden. Bei den betreffenden Szenarien gehen Reinvestitionskosten in der Höhe der Anschaffungskosten in die Berechnung mit ein.

Tabelle 14 Inputdaten zu Errichtungs- und Betriebskosten der Lüftungsanlage und der Heizungsanlage für das Referenzgebäude MHF klein

	<b>BAUKOSTEN (€/m²BGF)</b>	<b>Wartung Zentralgerät (€/m²BGF)</b>	<b>Instandhaltung Zentralgerät (€/m²BGF)</b>
<b>LÜFTUNG</b>			
keine mechanische Lüftung, Fensterlüftung	0	0	0
Mechanische Lüftung (mit/ohne Beheizung): Lüftungskanäle	35	0	0
Mechanische Lüftung mit WRG, Lüftungszentrale und -auslässe (keine Kanäle), für die Beheizung ist ein zusätzliches System vorgesehen	20	0,5	0,2
Mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Lüftungszentrale und - auslässe (keine Kanäle), wird auch für die Beheizung des Gebäudes verwendet	25	0,5	0,2
<b>HEIZUNG</b>	<b>BAUKOSTEN</b>	<b>Wartung (€/a)</b>	<b>Instandhaltung (€/a)</b>
WEZ Pelletskessel	600*kW	288	250
WEZ Gas Brennwertkessel	215*kW	255	385
Wärmeverteilung für Heizung (inkl. Wärmeabgabe und Notkamin)	30 €/m²BGF	-	-
<b>SOLARANLAGE (Lebensdauer 20y)</b>	<b>BAUKOSTEN / Anlage</b>	<b>Wartung Solaranlage (€/a)</b>	<b>Instandhaltung (€/a)</b>
Kosten Solaranlage	2000 € (Speicher) + 550 €/m² Solarfläche	90	45

### 3.3.4 Energiepreise und sonstige Preistrends

Da bei der gegenständlichen Analyse entsprechend den Vorschriften der EU-Regulierung in einem ersten Schritt eine mikroökonomische Perspektive eingenommen wird, verstehen sich die angesetzten Energiepreise grundsätzlich als Bruttopreise, d.h. als jene Preise, die vom Konsumenten zu tragen sind.

Für das Startjahr werden die folgenden Durchschnittspreise angesetzt:

- Pellets: 0,05 €/kWh.
- Gas: 0,07 €/kWh (Mischpreis wie bei MFH groß).

Was die Energiepreisentwicklung betrifft, so wird für beide Energieträger – analog zur Vorgangsweise bei MFH groß – eine reale Energiepreissteigerung von 4% pro Jahr (entspricht 6% nominal) angenommen. Der Einfluss einer etwas niedrigeren Annahme von durchschnittlich 2,8% p.a. real (4,8% nominal) – entsprechend letztverfügbare EU-Energiepreisprognose aus dem Jahr 2009 – wird in einer eigenen Sensitivitätsanalyse untersucht.

Darüber hinaus wird angenommen, dass es bei den Baukosten sowie bei den Kosten für Wartung und Instandhaltung zu keinen realen Preissteigerungen kommt (2% nominale Preissteigerung).

### 3.3.5 Betrachtungszeitraum

Wie in der EU-Regulierung festgelegt wird der Betrachtungszeitraum mit 30 Jahren festgelegt.

### 3.3.6 Diskontsatz

Für die Kostenanalyse zum Referenzgebäude MFH klein wird – genauso wie bei der Analyse für MFH groß – der Diskontsatz mit real 2% (nominal 4%) festgelegt. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss eines etwas höheren Diskontsatzes von 3% real (5% nominal) auf das Berechnungsergebnis untersucht.

## 3.4 Berechnungsergebnisse für das Basisszenario

Ausgehend von den oben dargestellten Annahmen wurden die Lebenszykluskosten – bestehend aus der Summe aus Errichtungskosten, Wartungskosten, laufenden Instandhaltungskosten, allfälligen Erneuerungskosten für einzelne Gebäudeelemente sowie Energiekosten über den gesamten Betrachtungszeitraum – ermittelt. Dabei wurden methodischen Vorgaben der EU-Regulierungen die Lebenszykluskosten beachtet.

Die nachfolgenden Abbildung 4 und Abbildung 5 fassen die wesentlichen Berechnungsergebnisse für das Basisszenario zusammen. Grundsätzlich zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Referenzgebäude MFH groß. Dies gilt insbesondere für das gasversorgte Referenzgebäude, dessen Ergebnisse jenen für das gasversorgte Referenzgebäude MFH groß weitgehend entsprechen.

Im Einzelnen lassen sich die wesentlichen Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

- Die Kostenkurven für vergleichbare Varianten verlaufen insgesamt äußerst flach.
- Die Varianten ohne Lüftungsanlagen – bei denen eine bestimmte HWB-Linie ausschließlich über die Verbesserung der Gebäudehülle erreicht wird – sind generell kostengünstiger als die Varianten mit Lüftungsanlage.
- Die Lebenszykluskosten sind bei den pelletsversorgten Varianten generell etwas niedriger als bei den gasversorgten Varianten;
- Die Varianten, bei denen nur die Hüllenqualität variiert wird (blaue Linie in der Abbildung), weisen sowohl im Fall der Pellets- als auch der Gasversorgung ein leichtes Kostenoptimum bei der HWB-Linie 12 auf, die Unterschiede sind jedoch vor allem im Bereich der HWB-Linien 10 bis 14 äußerst gering. Sobald die HWB-Linie 8 angestrebt wird, kommt es zu einem leichten „Kostensprung“, der auf ein ungünstigeres Kosten-Nutzenverhältnis in diesem Bereich zurückzuführen ist.
- Bei den Varianten mit Lüftungsanlage, die gleichzeitig über ein statisches Heizungssystem verfügen (rote Linie in der Abbildung), ergibt sich generell ein Kostenoptimum bei HWB-Linie 8. Die Varianten mit Lüftungsanlage, bei denen aufgrund der guten Hüllenqualität eine Beheizung über die Lüftungsanlage ausreichend ist (grüne Linie in den Abbildungen), profitieren von einer Reduktion der Kosten der Heizungsverteilung. Die Kosten der Variante HWB-Linie 5,5 sind nur noch etwas höher als die Kosten bei der Variante HWB-Linie 8, die ausschließlich über die Hüllenqualität erreicht wird.
- Auch beim Referenzgebäude MFH klein sind die Varianten mit thermischer Solaranlage äußerst wirtschaftlich bei gleichzeitiger Reduktion des Endenergiebedarfs.

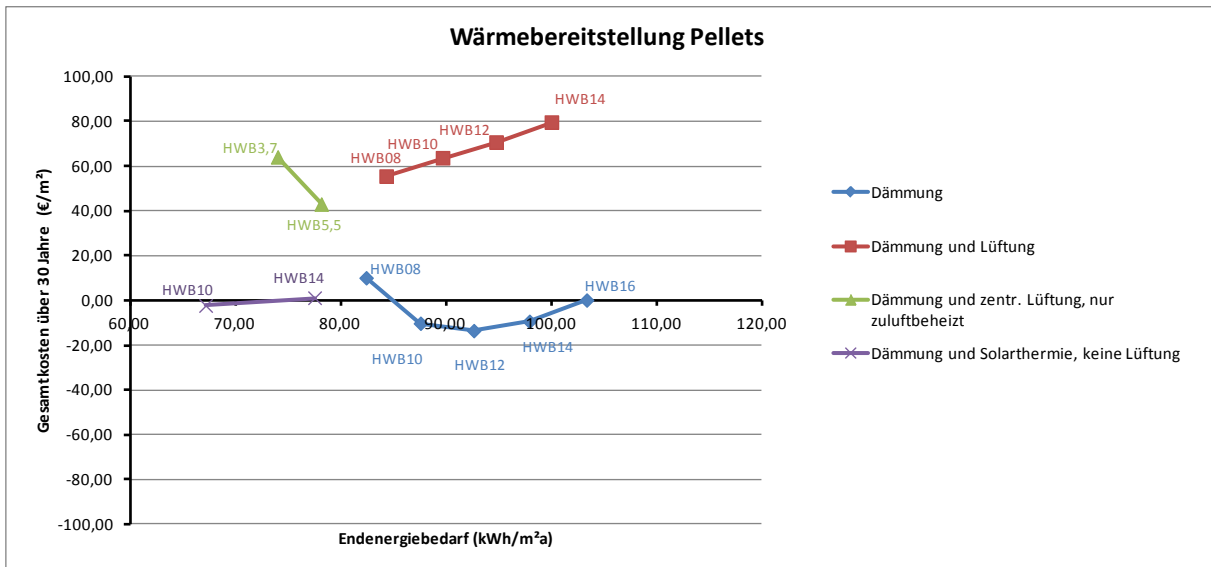


Abbildung 4 Berechnungsergebnisse für das pelletsversorgte Referenzgebäude MFH klein– Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung)

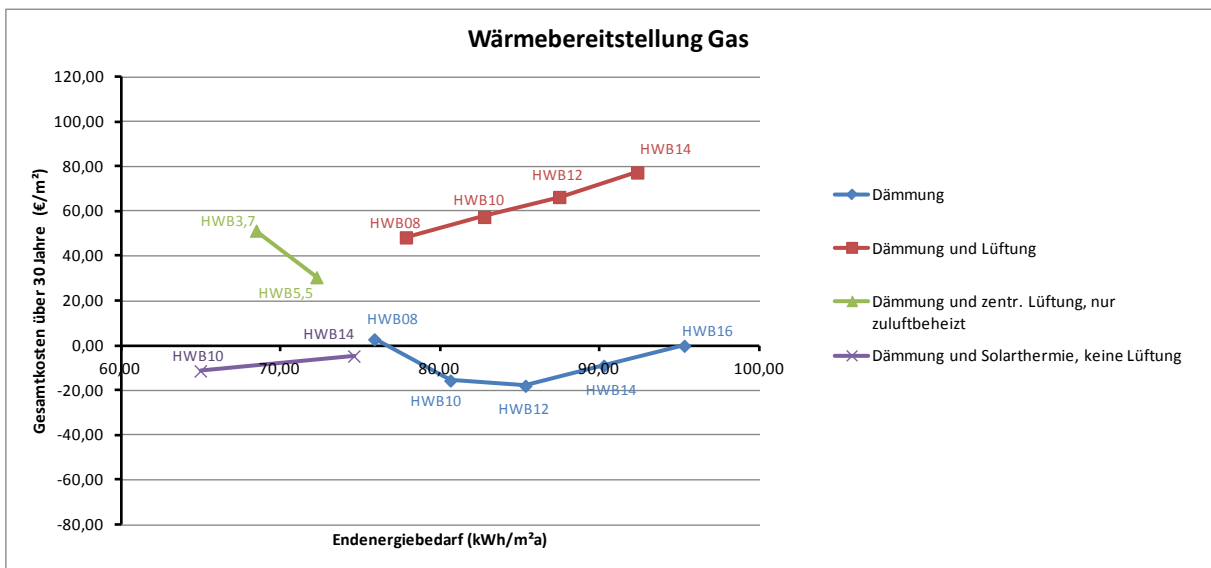


Abbildung 5 Berechnungsergebnisse für das gasversorgte Referenzgebäude MFH klein – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung)



### 3.5 Sensitivitätsanalysen

Es wurden die gleichen Sensitivitätsanalysen wie für das Referenzgebäude MFH groß durchgeführt, im Einzelnen wie folgt

- Szenario niedrigere Energiepreissteigerung: Als Energiepreissteigerung wird 2,8% p.a. real (entspr. 4,8% nominal) angesetzt (anstelle von 4% real – entspr. 6% nominal – im Basisszenario);
- Szenario höherer Diskontsatz: Als Diskontsatz wird 3% real – entspr. 5% nominal – (anstelle von 2% real – entspr. 4% nominal – im Basisszenario) angesetzt;
- Reduktion der Nutzungsdauer aller Wärmedämmmaßnahmen von 60 Jahren auf 35 Jahre.

Es zeigt sich wie bei den Kostenanalysen zu den großvolumigen MFH, dass die Ergebnisse auch bei Änderungen des Energiepreistrends und des Diskontsatzes nahezu unverändert bleiben. Die Kostenoptima der miteinander vergleichbaren Varianten bleiben immer unverändert. Die Kostenkurven verlaufen weiterhin äußerst flach.

Tabelle 15 fasst die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen im Vergleich zum Basisszenario zusammen.

Tabelle 15 Zusammenfassung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen im Vergleich zu den Ergebnissen des Basisszenarios für MFH klein

**Gesamtkosten über 30 Jahre (€/m²) und deren prozentuelle Änderung**

**Pellets**

	Variante	nur Dämmung					Dämmung und zentr. Lüftung				Dämg. u Lü, zuluftbeheizt		mit Solar, ohne Lü	
		HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB5,5	HWB3,7	HWB14	HWB10
Basisszenario		457,72	448,21	<b>444,05</b>	447,34	467,67	537,23	528,31	521,30	<b>513,10</b>	<b>500,61</b>	521,67	458,75	<b>455,29</b>
Sensitivität 1 (Energiepreisänderung von 6% auf 4,8%)	absolut	425,86	418,73	<b>415,97</b>	421,01	443,14	504,51	497,44	492,22	<b>485,87</b>	<b>475,55</b>	498,03	<b>435,55</b>	435,68
	Änderung ggü. Basisszenario	-6,96%	-6,58%	-6,32%	-5,89%	-5,25%	-6,09%	-5,84%	-5,58%	-5,31%	-5,01%	-4,53%	-5,06%	-4,31%
Sensitivität 2 (Diskontsatzänderung von 5% auf 4%)	absolut	437,09	430,23	<b>427,85</b>	434,16	458,16	513,17	506,22	501,25	<b>495,26</b>	<b>485,28</b>	509,74	<b>444,10</b>	445,83
	Änderung ggü. Basisszenario	-4,51%	-4,01%	-3,65%	-2,95%	-2,03%	-4,48%	-4,18%	-3,85%	-3,48%	-3,06%	-2,29%	-3,19%	-2,08%
Sensitivität 3 (Änderung der Nutzungsdauer der Dämmstoffe von 60 auf 35 J.)	absolut	481,26	473,14	<b>470,41</b>	477,39	502,56	559,52	551,42	545,58	<b>538,64</b>	<b>530,65</b>	556,57	<b>483,68</b>	485,34
	Änderung ggü. Basisszenario	+ 5,14%	+ 5,56%	+ 5,94%	+ 6,72%	+ 7,46%	+ 4,15%	+ 4,37%	+ 4,66%	+ 4,98%	+ 6,00%	+ 6,69%	+ 5,43%	+ 6,60%

**Gas**

	Variante	nur Dämmung					Dämmung und zentr. Lüftung				Dämg. u Lü, zuluftbeheizt		mit Solar, ohne Lü	
		HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB5,5	HWB3,7	HWB14	HWB10
Basisszenario		480,63	471,74	<b>462,79</b>	465,12	483,54	558,03	547,07	538,18	<b>529,05</b>	<b>511,27</b>	532,07	476,07	<b>469,44</b>
Sensitivität 1 (Energiepreisänderung von 6% auf 4,8%)	absolut	441,32	434,88	<b>428,32</b>	432,91	453,64	518,39	509,81	503,20	<b>496,44</b>	<b>481,38</b>	503,99	446,55	<b>444,58</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	-8,18%	-7,81%	-7,45%	-6,93%	-6,18%	-7,10%	-6,81%	-6,50%	-6,16%	-5,85%	-5,28%	-6,20%	-5,30%
Sensitivität 2 (Diskontsatzänderung von 5% auf 4%)	absolut	453,89	447,67	<b>441,33</b>	447,05	469,55	528,28	519,71	513,26	<b>506,71</b>	<b>492,00</b>	516,46	456,25	<b>455,63</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	-5,56%	-5,10%	-4,64%	-3,89%	-2,89%	-5,33%	-5,00%	-4,63%	-4,22%	-3,77%	-2,93%	-4,16%	-2,94%
Sensitivität 3 (Änderung der Nutzungsdauer der Dämmstoffe von 60 auf 35 J.)	absolut	504,17	496,68	<b>489,15</b>	495,16	518,44	580,32	570,18	562,46	<b>554,60</b>	<b>541,32</b>	566,96	501,00	<b>499,49</b>
	Änderung ggü. Basisszenario	+ 4,90%	+ 5,29%	+ 5,70%	+ 6,46%	+ 7,22%	+ 3,99%	+ 4,22%	+ 4,51%	+ 4,83%	+ 5,88%	+ 6,56%	+ 5,24%	+ 6,40%

**485,09** günstigste Variante des jeweiligen Szenarios

## 4 Kostenoptimale Anforderungsniveaus für Einfamilienhäuser

---

### 4.1 Festlegung des Referenzgebäudes EFH

Um verlässliche und nachvollziehbare Kostendaten für die Neuerrichtung von Einfamilienhäusern (EFH) zu erhalten, wurde eine Kooperation mit dem Haus-der-Zukunft-Projekt „Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus“ eingegangen. Dieses Forschungsprojekt wird von der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen (FGW) geleitet und verfolgt das Ziel, durch die Einbindung maßgeblicher Baustoffexperten der ACR – Austrian Cooperative Research eine objektive Wissensbasis für den ökologischen und ökonomischen Vergleich unterschiedlicher Bautypen (Niedrigenergiehaus, Sonnenhaus, Passivhaus, Plusenergiehaus), unterschiedlicher primärer Konstruktionsarten (Holz, Ziegel, Beton) sowie unterschiedlicher haustechnischer Konzeptionen zu schaffen<sup>6</sup>.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde bereits ein Referenzgebäude definiert, das nun auch für die gegenständliche Kostenanalyse als Referenzgebäude herangezogen wurde. Das Referenzgebäude weist die nachfolgend dargestellten Charakteristika auf.

#### 4.1.1 Gebäudegestalt

Beim festgelegten Referenzgebäude handelt es sich um einen Quader mit einer Grundfläche von 13 x 8,5 m sowie 2 Stockwerken. Damit weist das Gebäude eine Bruttogrundfläche von 221 m<sup>2</sup> auf. Die Kompaktheit ist mit einem  $I_c$ -Wert von 1,46 typisch für ein Wohngebäude in dieser Größenordnung.

Das Referenzgebäude weist zudem einen Fensterflächenanteil von 15,96% auf, der in den Variantenanalysen nicht variiert wurde.

#### 4.1.2 Konstruktionstyp

Für die gegenständliche Kostenanalyse wird das Referenzgebäude als Massivgebäude (Ziegel) mit Vollwärmeschutz ausgeführt. Dieser Konstruktionstyp wird in der Variantenuntersuchung nicht mehr variiert.

---

<sup>6</sup> Eine ausführlichere Projektbeschreibung findet sich auf der Website des Programmes Haus der Zukunft: <http://www.hausderzukunft.at/results.html/id6529>

### **4.1.3 Haustechnik**

Im Hinblick auf die Energieversorgung werden zwei Formen der Energieversorgung – nämlich Pellets (Hauszentralheizung) und Wärmepumpe (Sole/Wasser-Wärmepumpe, Flächenkollektor) untersucht. Es wird angenommen, dass diese beiden Energieversorgungssysteme typisch für EFH in ländlichen und suburbanen Regionen sind. (siehe im Detail unter 4.2.3).

Ansonsten wird jeweils grundsätzlich die haustechnische Referenzausstattung angenommen, d.h. es werden keine Variantenuntersuchungen für unterschiedliche Ausstattungsqualitäten bei der Haustechnik durchgeführt.

## **4.2 Definition der Varianten für EFH**

### **4.2.1 Wärmeschutz**

Im Rahmen des unter 4.1 dargestellten FGW-Forschungsprojektes wurde das festgelegte Referenzgebäude in den beiden Bautypen Niedrigenergiehaus und Passivhaus ausgeführt. Ausgehend von diesen Bautypen wurde die Hüllenqualität soweit angepasst, dass wie bei den MFH-Referenzgebäuden – wiederum Varianten für die HWB-Linien 16, 14, 12, 10 und 8 definiert werden konnten.

### **4.2.2 Mechanische Lüftungsanlage**

Grundsätzlich werden im Hinblick auf den Einbau von mechanischen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung die gleichen Varianten untersucht wie bei den MFH-Referenzgebäuden. Im Gegensatz zu den Gebäudetypen MFH groß und MFH klein konnten beim EFH jedoch auch die HWB-Linien 14 und 16 mit mechanischer Lüftungsanlage bei gleichzeitiger Reduktion der Hüllenqualität ausgeführt werden, ohne die Vorgaben zu den Mindest-U-Werte der OIB-Richtlinie 6 zu verletzen.

Zudem wurden – wie auch schon bei den MFH-Referenzgebäuden – Varianten berechnet, bei denen ein sehr hoher Wärmeschutzstandard mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kombiniert wurde, indem jene Varianten, bei denen die HWB-Linien 8 und 10 nur über den Wärmeschutz erreicht werden, zusätzlich mit einer Lüftungsanlage ausgestattet wurden. Für diese Varianten ergeben sich HWB-Linien von 4,4 bzw. 6,4. Bei diesen beiden Varianten wurde auf statische Heizungssysteme verzichtet, sodass die Beizung ausschließlich über die Lüftungsanlage erfolgt. Dabei handelt es sich also um „idealtypische“ Passivhäuser.

### 4.2.3 Wärmebereitstellung

Für die Kostenanalyse EFH werden in Bezug auf die Wärmebereitstellung die in Tabelle 16 dargestellten Varianten unterschieden. Die restlichen Input-Parameter für die Haustechnik entsprechen die der Referenzausstattung nach ÖNORM H 5056. Das Warmwasser wird gemeinsam mit der Wärmebereitstellung für Raumheizung erzeugt.

Tabelle 16 Festlegungen für die Wärmebereitstellungssysteme

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
Pellets	Pellets	Gebäudezentraler Pelletskessel
Wärmepumpe	WP	Wärmepumpe Sole-Wasser, Flächenkollektor

### 4.2.4 Solarenergie und Photovoltaik

Beim von der Europäischen Kommission vorgeschlagenen Pfad hin zu Niedrigstenergiegebäuden (Nearly Zero Energy Buildings) spielen alternative Energiesysteme auf Basis von erneuerbaren Energieträgern eine entscheidende Rolle. In Artikel 2 der Gebäuderichtlinie wird festgelegt, dass der sehr geringe Energiebedarf von Niedrigstenergiegebäuden zu einem wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen, die bevorzugt am Standort oder in der Nähe erzeugt wird, gedeckt werden soll. Daher sind entsprechende Varianten auch in der Analyse der Kostenoptimalität zu berücksichtigen.

Für die gegenständliche Kostenanalyse von EFH werden zum einen Varianten mit thermischer Solarenergienutzung und zum anderen Varianten mit Photovoltaik – wie in Tabelle 17 dargestellt – untersucht.

Tabelle 17 Festlegung der Varianten mit thermischer Solaranlage für das Referenzgebäude EFH

Bezeichnung	Abkürzung	Festlegung
Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserversorgung	ST	Thermische Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 10 m <sup>2</sup> , Orientierung Süd, Neigung 45°
Photovoltaikanlage zur Unterstützung der Stromversorgung	PV	Photovoltaikanlage mit 5 kW <sub>peak</sub> , hochselektiv, Orientierung Süd, Neigung 45°
Keine thermische Solar- oder Photovoltaikanlage	STPVk	Keine thermische Solar- oder Photovoltaikanlage

#### 4.2.5 Überblick über die Variantenfestlegung

Aus der Kombination der oben beschriebenen Maßnahmenpakete ergeben sich insgesamt rund 60 mögliche Varianten, die wie folgt auf 26 zu untersuchende Varianten reduziert wurden:

- Die Varianten mit thermischer Solaranlage wird nur für zwei pelletsversorgte Varianten untersucht, während sich die Variante mit PV auf zwei ausgewählte Varianten, bei denen eine Wärmepumpe zum Einsatz kommt, beschränken.

Tabelle 18 fasst die untersuchten Varianten zusammen.

Tabelle 18 Überblick über die untersuchten Varianten bei EFH

Nr.	HWB-Linie	FE	ML-WRG	WB	Solar
1	HWB16	FE 15,96	MLk	Pellets	STPVk
2	HWB14	FE 15,96	MLk	Pellets	STPVk
3	HWB12	FE 15,96	MLk	Pellets	STPVk
4	HWB10	FE 15,96	MLk	Pellets	STPVk
5	HWB08	FE 15,96	MLk	Pellets	STPVk
6	HWB16	FE 15,96	MLzl	Pellets	STPVk
7	HWB14	FE 15,96	MLzl	Pellets	STPVk
8	HWB12	FE 15,96	MLzl	Pellets	STPVk
9	HWB10	FE 15,96	MLzl	Pellets	STPVk
10	HWB08	FE 15,96	MLzl	Pellets	STPVk
11	HWB16	FE 15,96	MLk	WP	STPVk
12	HWB14	FE 15,96	MLk	WP	STPVk
13	HWB12	FE 15,96	MLk	WP	STPVk
14	HWB10	FE 15,96	MLk	WP	STPVk
15	HWB08	FE 15,96	MLk	WP	STPVk
16	HWB16	FE 15,96	MLzl	WP	STPVk
17	HWB14	FE 15,96	MLzl	WP	STPVk
18	HWB12	FE 15,96	MLzl	WP	STPVk
19	HWB10	FE 15,96	MLzl	WP	STPVk
20	HWB08	FE 15,96	MLzl	WP	STPVk
21	HWB6,4	FE 15,96	MLzlh	WP	STPVk
22	HWB4,4	FE 15,96	MLzlh	WP	STPVk
23	HWB14	FE 15,96	MLk	Pellets	ST
24	HWB10	FE 15,96	MLk	Pellets	ST
25	HWB14	FE 15,96	MLk	WP	PV
26	HWB10	FE 15,96	MLk	WP	PV

## **4.3 Inputfaktoren für die Berechnung**

### **4.3.1 Erhebung der Kostendaten**

Die für die Kostenanalyse verwendeten Kostendaten wurden in Anlehnung an die Kostendaten, die für das Referenzgebäude des FGW-Forschungsprojekts (vgl. Kapitel 4.1) erhoben wurden, definiert.

Die Kostenanalyse wird dabei aus der Investorenperspektive durchgeführt. Daher inkludieren alle Kosten die MWSt., da diese im Fall von EFH vom Errichter und späteren Nutzer unmittelbar zu tragen sind. Darüber hinaus wurde ein genereller Planungskostenzuschlag von 10% auf die Errichtungskosten angesetzt.

### **4.3.2 Hüllenqualität und deren Errichtungskosten**

Tabelle 19 zeigt eine Zusammenstellung der für unterschiedliche Hüllqualitäten angesetzten Kosten. Es ist zu betonen, dass aufgrund der unterschiedlichen Datenquellen diese Kostendaten eine andere Abgrenzung verwenden als die Kostendaten, die für die Kostenanalyse im MFH-Bereich verwendet wurden. Es handelt sich hier um die Kosten für gesamte Hüllflächenaufbauten, während für die Analyse der MFH-Referenzgebäude jeweils nur die auf die Dämmschicht bezogenen Kosten angesetzt wurden.

Tabelle 19 Unterschiedliche Hüllenqualitäten mit zugehörigen U-Werten und angesetzten Kosten pro m<sup>2</sup> Hüllfläche für das Referenzgebäude EFH

	VARIANTEN 1-5, 11-15 und 23-26 ohne Lüftungsanlage			VARIANTEN 6-10 und 16-22 mit Lüftungsanlage	
WÄRMEDÄMMUNG	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	KOSTEN (€/m <sup>2</sup> )	WÄRMEDÄMMUNG	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	KOSTEN (€/m <sup>2</sup> )
<b>Fassadendämmung</b>			<b>Fassadendämmung</b>		
			HWB- Linie 16	0,33	167
			HWB- Linie 14	0,28	174
HWB- Linie 16	0,24	179	HWB- Linie 12	0,23	182
HWB- Linie 14	0,19	185	HWB- Linie 10	0,20	184
HWB- Linie 12	0,15	197	HWB- Linie 08	0,15	197
HWB- Linie 10	0,14	200	HWB- Linie 4,6	0,14	200
HWB- Linie 08	0,12	239	HWB- Linie 2,9	0,12	239
<b>Dachdämmung</b>			<b>Dachdämmung</b>		
			HWB- Linie 16	0,20	205
			HWB- Linie 14	0,17	229
HWB- Linie 16	0,16	236	HWB- Linie 12	0,17	229
HWB- Linie 14	0,15	244	HWB- Linie 10	0,15	244
HWB- Linie 12	0,14	253	HWB- Linie 08	0,15	244
HWB- Linie 10	0,11	268	HWB- Linie 4,6	0,11	268
HWB- Linie 08	0,10	277	HWB- Linie 2,9	0,10	277
<b>Kellerdeckendämmung</b>			<b>Kellerdeckendämmung</b>		
			HWB- Linie 16	0,37	173
			HWB- Linie 14	0,37	173
HWB- Linie 16	0,30	185	HWB- Linie 12	0,35	177
HWB- Linie 14	0,26	193	HWB- Linie 10	0,30	185
HWB- Linie 12	0,21	204	HWB- Linie 08	0,27	191
HWB- Linie 10	0,16	216	HWB- Linie 4,6	0,16	216
HWB- Linie 08	0,14	229	HWB- Linie 2,9	0,14	229
<b>FENSTER</b>			<b>FENSTER</b>		
			HWB- Linie 16	1,25	652
			HWB- Linie 14	1,25	652
HWB- Linie 16	1,24	660	HWB- Linie 12	1,20	681
HWB- Linie 14	1,24	660	HWB- Linie 10	1,13	693
HWB- Linie 12	1,20	681	HWB- Linie 08	1,05	707
HWB- Linie 10	0,95	724	HWB- Linie 4,6	0,95	724
HWB- Linie 08	0,80	767	HWB- Linie 2,9	0,80	767

Als Nutzungsdauer für die Dämmung werden 60 Jahre und für die Fenster 35 Jahre angesetzt. Daher müssen sie innerhalb des Betrachtungszeitraumes der Untersuchung von 30 Jahren nicht ersetzt werden. Im Zuge einer Sensitivitätsanalyse wurde weiters überprüft, welche Auswirkungen die Reduktion der Nutzungsdauer der Dämmmaßnahmen von 60 auf 35 Jahren auf das Endergebnis hat.



### 4.3.3 Inputfaktoren zu Lüftungsanlage und Heizung

Ausgehend von den im Rahmen des FGW-Forschungsprojektes verfügbaren Kostendaten konnte eine umfassende Datenbasis für die korrekte Erfassung der *Kostenunterschiede* zwischen den verschiedenen HLK-Ausstattungsvarianten aufbereitet werden.

Die wesentlichen ökonomischen Inputdaten für die Lüftungsanlage und die Heizungsanlage, wie sie in die Kostenanalyse für das Referenzgebäude EFH Eingang gefunden haben, sind in Tabelle 20 zusammen.

Tabelle 20 Inputdaten zu Errichtungs- und Betriebskosten der Lüftungsanlage und der Heizungsanlage für das Referenzgebäude EFH

	<b>BAUKOSTEN (€/m<sup>2</sup>BGF)</b>	<b>Wartung Zentralgerät (€/a)</b>	<b>Instandhaltung Zentralgerät (€/a)</b>
<b>LÜFTUNG (zusätzlich zu anderem Heizungssystem)</b>			
Lüftungskanäle, Erdwärmetauscher und sonstige dauerhafte Teile (einschließlich Kostenreduktion bei der Flächenheizung)	46	-	-
Lüftungszentrale (inkl. Schalldämmung und Volumensstromregelung)	26	96	60
<b>LÜFTUNG mit Luftheizung u. WW über Kompaktgerät</b>			
Lüftungskanäle, Erdwärmetauscher und sonstige dauerhafte Teile	46	-	-
Lüftungszentrale (inkl. Schalldämmung und Volumensstromregelung)	84	96	134,4
<b>HEIZUNG Wärmepumpe</b>			
	<b>BAUKOSTEN</b>	<b>Wartung (€/a)</b>	<b>Instandhaltung (€/a)</b>
Wärmepumpe Sole-Luft inkl. Nebenanlagen und Installation (€ pro Stück)	11350+340*kW	85	120
Erdreich-Sole Wärmequellenanlage €/m <sup>2</sup> BGF	56,9	-	-
Wärmeverteilung für Flächenheizung (inkl. Wärmeabgabe und Notkamin) €/m <sup>2</sup> BGF	50,7	-	-
<b>HEIZUNG Pelletskessel</b>			
	<b>BAUKOSTEN</b>	<b>Wartung (€/a)</b>	<b>Instandhaltung (€/a)</b>
Pelletskessel inkl. Nebenanlagen und Installation (€ pro Stück)	20800+400*kW	288	250
Wärmeverteilung (inkl. Wärmeabgabe), €/m <sup>2</sup> BGF	40,3	-	-
<b>SOLARANLAGE (10 m<sup>2</sup> Kollektorfläche, Lebensdauer 20y)</b>			
	<b>BAUKOSTEN / Anlage</b>	<b>Wartung Solaranlage (€/a)</b>	<b>Instandhaltung (€/a)</b>
Kosten Solaranlage bei Pelletsversorgung	6.694	50	30
<b>PV-Anlage (5 kWpeak, Lebensdauer 25y)</b>			
	<b>BAUKOSTEN / Anlage</b>	<b>Wartung Solaranlage (€/a)</b>	<b>Instandhaltung (€/a)</b>
Gesamtanlage	15.500	40	100

#### **4.3.4 Energiepreise und sonstige Preistrends**

Für das Startjahr werden die folgenden Durchschnittspreise angesetzt:

- Pellets: 0,05 €/kWh;
- Strom: 0,1655 €/kWh (Es handelt sich dabei um einen Mischpreis, in dem gegenüber dem üblichen Haushaltsstromtarif deutlich günstigere Wärmepumpenstromtarif bereits berücksichtigt ist).

Was die Energiepreisentwicklung betrifft, so wird für beide Energieträger eine reale Energiepreissteigerung von 4% pro Jahr (nominal 6%) angenommen. Der Einfluss einer etwas niedrigeren Annahme von durchschnittlich 2,8% p.a. real (4,8% nominal) – entsprechend letztverfügbare EU-Energiepreisprognose aus dem Jahr 2009 – wird in einer eigenen Sensitivitätsanalyse untersucht.

Darüber hinaus wird angenommen, dass es bei den Baukosten sowie bei den Kosten für Wartung und Instandhaltung zu keinen realen Preissteigerungen kommt (2% nominale Preissteigerung).

#### **4.3.5 Betrachtungszeitraum**

Wie in der EU-Regulierung festgelegt wird der Betrachtungszeitraum mit 30 Jahren festgelegt.

#### **4.3.6 Diskontsatz**

Für die Kostenanalyse zum Referenzgebäude EFH wird – genauso wie für die anderen beiden Referenzgebäude – der Diskontsatz mit 2% real (4% nominal) festgelegt. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss eines etwas höheren Diskontsatzes von 3% real (5% nominal) auf das Berechnungsergebnis untersucht.

### **4.4 Berechnungsergebnisse für das Basisszenario**

Entsprechend der methodischen Vorgaben der EU-Regulierung wurden mit den oben dargestellten Annahmen zu den Inputdaten Lebenszykluskostenanalysen durchgeführt, die die Errichtungskosten, Wartungskosten, laufenden Instandhaltungskosten, allfälligen Erneuerungskosten für einzelne Gebäudeelemente sowie die Energiekosten umfassen

Die nachfolgenden Abbildung 6 und Abbildung 7 geben einen Überblick über die wesentlichen Berechnungsergebnisse für das Referenzgebäude EFH für das Basisszenario. Im Einzelnen lassen sich die wesentlichen Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

- Beim pelletsversorgten EFH zeigt sich ein grundsätzlich ähnliches Bild wie für die beiden MFH-Referenzgebäude. Die Kostenkurven für vergleichbare Varianten verlaufen äußerst flach. Die Varianten ohne Lüftungsanlagen sind kostengünstiger als die Varianten mit Lüftungsanlage, allerdings ist der Kostenunterschied zwischen den beiden Varianten, die HWB-Linie 8 erreichen, nicht mehr allzu hoch. Die Varianten mit Solaranlage schneiden etwas weniger günstig ab als im Fall der MFH – was vorwiegend auf geringere Deckungsgrade zurückzuführen sein wird – allerdings sind die Mehrkosten über den gesamten Lebenszyklus gering.
- Bei den untersuchten Varianten mit Wärmepumpe liegt für die Varianten, bei denen nur die Hüllenqualität variiert wird (blaue Linie in der Abbildung), das Kostenoptimum bei der HWB-Linie 14, die Kostenkurve verläuft jedoch im Bereich der HWB-Linien 10 bis 16 äußerst flach. Erst sobald die HWB-Linie 8 angestrebt wird, kommt es zu einem Kostensprung. Dies ist in erster Linie auf Zusatzkosten im Zusammenhang mit höheren Anforderungen an die Wärmebrückenfreiheit, die aus bauphysikalischen Erfordernissen und Komfortgründen nötig ist, zurückzuführen. Es ist jedoch zu betonen, dass selbst in diesem Fall die Kostenunterschiede mit rund 50 €/m<sup>2</sup> über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren begrenzt sind (entspricht rund 0,14 €/m<sup>2</sup> und Monat).
- Die idealtypischen Passivhauskonzepte, bei denen hohe thermische Hüllenstandards mit einer Lüftungsanlage und einer als Kompaktgerät ausgeführten Wärmepumpe kombiniert werden, schneiden hingegen kostenmäßig sehr gut ab.

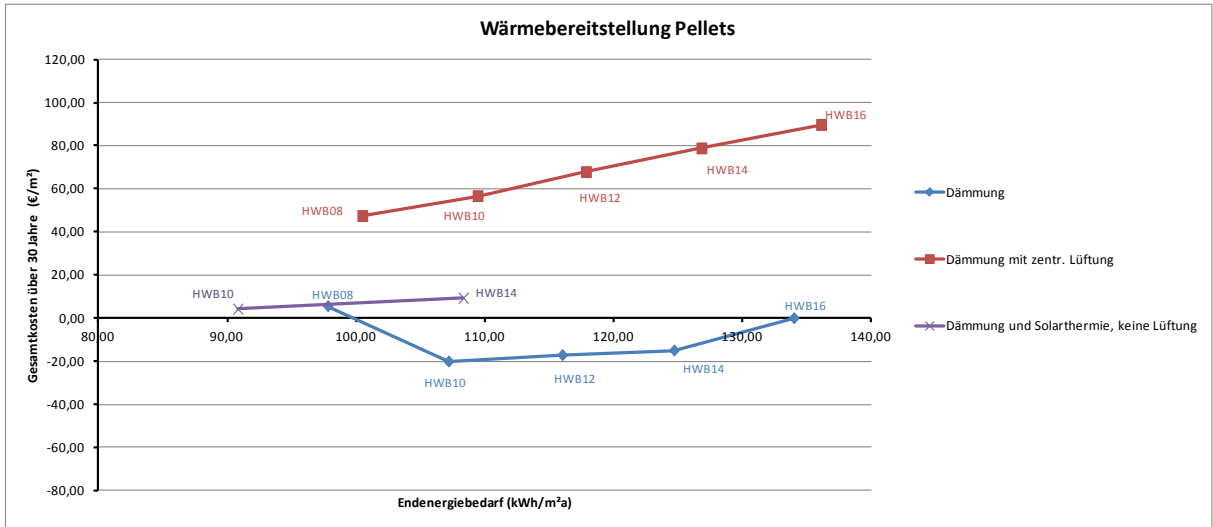


Abbildung 6 Berechnungsergebnisse für das pelletsversorgte Referenzgebäude EFH – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung)

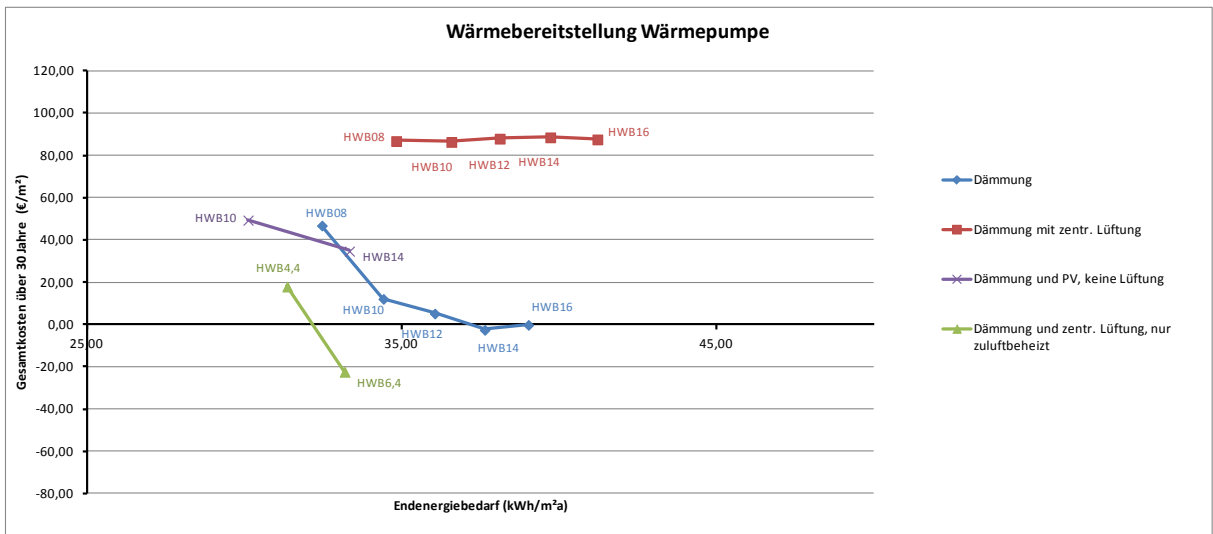


Abbildung 7 Berechnungsergebnisse für das Referenzgebäude EFH mit Wärmepumpe – Darstellung der Differenzkosten im Vergleich zur Variante HWB-Linie 16 (Anforderungsniveau der gegenwärtigen Bauordnung)

## 4.5 Sensitivitätsanalysen

Für die verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes EFH wurden die gleichen Sensitivitätsanalysen durchgeführt wie für die MFH-Referenzgebäude, im Einzelnen wie folgt:

- Szenario niedrigere Energiepreissteigerung: Als Energiepreissteigerung wird 2,8% p.a. real (4,(% nominal) angesetzt (anstelle von 4% real bzw. 6% nominal im Basisszenario);
- Szenario höherer Diskontsatz: Als Diskontsatz wird 3% real (5% nominal) anstelle von 2% im Basisszenario angesetzt;
- Reduktion der Nutzungsdauer aller Wärmedämmmaßnahmen von 60 Jahren auf 35 Jahre.

Es zeigt sich, dass die Ergebnisse nur schwach auf die Änderungen der Inputparameter in den Sensitivitätsanalysen reagieren.

- Beim pelletsbeheizten Referenzgebäude kommt es bei der Variante ohne Lüftung und Solaranlage bei allen Sensitivitätsanalysen zu einer Verschiebung des Kostenoptimums von HWB-Linie 10 zu HWB-Linie 14. Gleiches gilt für die Varianten, bei denen eine Solaranlage zum Einsatz kommt.
- Beim wärmepumpenbeheizten Referenzgebäude ergibt sich bei der Variante ohne Lüftung und Solaranlage bei Änderung des Diskontsatzes und der Nutzungsdauer eine Verschiebung des Kostenoptimums von HWB-Linie 14 zu HWB-Linie 16. Bei der Variante mit Lüftungsanlage kommt es bei allen Sensitivitätsanalysen zu einer Verschiebung des Kostenoptimums von HWB-Linie 10 zu HWB-Linie 16, wobei die Kostenkurve allerdings weiterhin sehr flach verläuft.

Tabelle 21 fasst die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen im Vergleich zum Basisszenario zusammen.

Tabelle 21 Zusammenfassung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen im Vergleich zu den Ergebnissen des Basisszenarios für das Referenzgebäude EFH

**Gesamtkosten über 30 Jahre (€/m²) und deren prozentuelle Änderung**

**Pellets**

Variante		nur Dämmung					Dämmung und zentr. Lüftung					mit Solar, ohne Lü	
		HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB14	HWB10
Basisszenario		1.011,31	996,35	994,18	<b>991,21</b>	1.016,91	1.100,95	1.090,08	1.079,09	1.067,92	<b>1.058,71</b>	1.020,60	<b>1.015,47</b>
Sensitivität 1 (Energiepreisänderung von 6% auf 4,8%)	absolut	965,60	<b>954,24</b>	955,44	955,89	985,24	1.052,39	1.045,12	1.037,60	1.029,71	<b>1.024,01</b>	<b>983,69</b>	985,35
	Änderung ggü. Basisszenario	-4,52%	-4,23%	-3,90%	-3,56%	-3,11%	-4,41%	-4,12%	-3,84%	-3,58%	-3,28%	-3,62%	-2,97%
Sensitivität 2 (Diskontsatzänderung von 5% auf 4%)	absolut	993,84	<b>983,35</b>	986,21	987,92	1.021,38	1.075,91	1.069,90	1.063,10	1.056,09	<b>1.051,56</b>	<b>1.009,48</b>	1.014,05
	Änderung ggü. Basisszenario	-1,73%	-1,30%	-0,80%	-0,33%	+0,44%	-2,27%	-1,85%	-1,48%	-1,11%	-0,68%	-1,09%	-0,14%
Sensitivität 3 (Änderung der Nutzungsdauer der Dämmstoffe von 60 auf 35 J.)	absolut	1.100,20	<b>1.088,42</b>	1.091,32	1.092,00	1.129,50	1.182,28	1.175,70	1.167,07	1.158,88	<b>1.153,46</b>	<b>1.112,67</b>	1.116,25
	Änderung ggü. Basisszenario	+8,79%	+9,24%	+9,77%	+10,17%	+11,07%	+7,39%	+7,85%	+8,15%	+8,52%	+8,95%	+9,02%	+9,92%

**WP**

Variante		nur Dämmung					Dämmung und zentr. Lüftung					Dämm. u Lü, zuluftbeheizt		mit PV, ohne Lü	
		HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB16	HWB14	HWB12	HWB10	HWB08	HWB6,4	HWB4,4	HWB14	HWB10
Basisszenario		859,79	<b>857,44</b>	865,15	872,08	906,80	947,53	948,50	947,89	<b>946,35</b>	946,76	<b>837,61</b>	877,92	<b>894,69</b>	909,33
Sensitivität 1 (Energiepreisänderung von 6% auf 4,8%)	absolut	833,71	<b>832,95</b>	842,49	851,29	888,25	<b>918,93</b>	921,62	922,86	923,07	925,50	<b>818,23</b>	860,63	<b>884,68</b>	903,03
	Änderung ggü. Basisszenario	-3,03%	-2,86%	-2,62%	-2,38%	-2,05%	-3,02%	-2,83%	-2,64%	-2,46%	-2,25%	-2,31%	-1,97%	-1,12%	-0,69%
Sensitivität 2 (Diskontsatzänderung von 5% auf 4%)	absolut	<b>867,63</b>	867,96	879,33	889,55	930,78	<b>948,08</b>	952,24	954,38	955,65	959,39	<b>853,45</b>	899,98	<b>912,25</b>	933,85
	Änderung ggü. Basisszenario	+0,91%	1,23%	+1,64%	+2,00%	+2,64%	+0,06%	+0,39%	+0,68%	+0,98%	+1,33%	+1,89%	+2,51%	+1,96%	+2,70%
Sensitivität 3 (Änderung der Nutzungsdauer der Dämmstoffe von 60 auf 35 J.)	absolut	<b>948,68</b>	949,50	962,29	972,87	1.019,39	<b>1.028,85</b>	1.034,12	1.035,87	1.037,31	1.041,51	<b>938,40</b>	990,51	<b>986,76</b>	1.010,12
	Änderung ggü. Basisszenario	+10,34%	+10,74%	+11,23%	+11,56%	+12,42%	+8,58%	+9,03%	+9,28%	+9,61%	+10,01%	+12,03%	+12,82%	+10,29%	+11,08%

**485,09**

günstigste Variante des jeweiligen Szenarios

## 5 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

---

Aus den durchgeführten Berechnungen zum kostenoptimalen Anforderungsniveau für Wohnungsneubauten lassen sich die folgenden vorläufigen Schlussfolgerungen ableiten:

- Als generelles Bild sind die flachen Kostenkurven bemerkenswert. Dabei ist zu betonen, dass es sich bei den dargestellten Kosten um Lebenszykluskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren handelt. Kostenunterschiede von  $100 \text{ €/m}^2$ , die maximal (!) zwischen den Varianten eines Referenzgebäudes auftreten, entsprechen daher Mehrkosten von nur knapp  $0,28 \text{ €/m}^2$  und Monat. Allerdings zeigen die Berechnungen, dass bei allen analysierten Referenzgebäuden einzelne der besonders energieeffizienten Varianten – das sind entweder die Varianten mit thermischer Solarnutzung oder die Varianten mit sehr guter Hüllenqualität und einer zusätzlichen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung – nicht weit vom Kostenoptimum entfernt sind bzw. in Einzelfällen – Varianten mit thermischer Solarnutzung bei MFH – sogar das Kostenoptimum repräsentieren.
- Für alle untersuchten Referenzgebäude zeigt sich darüber hinaus, dass bei den Varianten, bei denen nur die Hüllenqualität variiert wird, zwischen den HWB-Linien 14 bis 10 – trotz aller Unterschiede im Detail – summa summarum nur sehr geringe Kostenunterschiede auftreten. Erst eine weitere Verbesserung in Richtung HWB-Linie 8 führt häufig zu einem „Kostensprung“. Für die Erreichung dieses Endenergieanforderungsniveau wird dann auch der Einsatz einer Lüftungsanlage kostenmäßig interessant.
- Bemerkenswert ist darüber hinaus die hohe Wirtschaftlichkeit der untersuchten Varianten mit thermischer Solarnutzung, die sich endenergetisch als sehr effizient darstellen. Besonders wirtschaftlich sind die Solarenergie-Varianten beim Referenzgebäude MFH. Allerdings könnte dieser Befund zum Teil auch auf die Überschätzung des thermisch-energetischen Nutzens von Solaranlagen im Monatsbilanzverfahren der Energieausweisberechnung zurückzuführen sein.
- Was die Unterschiede in Bezug auf die thermisch-energetische Qualität – ausgedrückt in der Kennzahl Endenergiebedarf – betrifft, ist die Spannbreite der untersuchten Varianten bei allen untersuchten Referenzgebäuden vergleichsweise gering. Generell deutet die geringe Spannbreite der untersuchten Szenarien beim Endenergieeinsatz darauf hin, dass auch noch zusätzliche haustechnische Varianten untersucht werden sollten, da einige Möglichkeiten zur Reduktion der Energieverluste durch die Verwendung der haustechnischen Referenzausstattung gar nicht angesprochen wurden.
- Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen bestätigen das Gesamtbild. Es kommt zu keinen größeren Änderungen in Bezug auf die Kostenoptimalität der untersuchten

Varianten. Die Ergebnisse erweisen sich generell als sehr stabil gegenüber Änderungen beim Energiepreistrend oder beim Diskontsatz. Die Kostenoptima verschieben sich nur bei den Berechnungen des Referenzgebäudes EFH geringfügig, bei den MFH-Referenzgebäuden bleiben die Kostenoptima konstant.

- Aus den genannten Schlussfolgerungen kann man zusammenfassend als politische Handlungsempfehlung ableiten, dass eine weitere Verschärfung des gegenwärtigen Anforderungsniveaus zumindest bis zu Linie HWB-Linie 10 umsetzbar wäre, ohne dass es dabei zu wesentlichen Gesamtkostensteigerungen über den Lebenszyklus kommen würde. Diese Aussage gilt unabhängig vom untersuchten Referenzgebäude und vom gewählten Energieversorgungssystem. Die steigenden Errichtungskosten würden durch geringe Betriebskosten im Betrachtungszeitraum zur Gänze bzw. zum überwiegenden Teil wettgemacht. Darüber hinaus kann das gute wirtschaftliche Abschneiden der Varianten mit thermischen Solaranlagen – v.a. bei großen MFH – als Indiz für den verpflichtenden Einbau einer Solaranlage im MFH-Wohnbau gewertet werden.



## Literatur

---

DG Energy (2009), EU Energy Trends to 2030, Brüssel, 2009

EU-Regulierung (2012), COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU (EPBD)

Haus der Zukunft: Darstellung des Forschungsprojektes „Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus“ auf der Programmwebsite, <http://www.hausderzukunft.at/results.html/id6529>

Hofer, G., Herzog, B., Planungsunterstützende Lebenszykluskostenanalyse für nachhaltige Gebäude, [http://www.e-sieben.at/de/download/Hofer\\_Herzog\\_Planungsuntersttztzende\\_Lebenszykluskostenanalyse.pdf](http://www.e-sieben.at/de/download/Hofer_Herzog_Planungsuntersttztzende_Lebenszykluskostenanalyse.pdf)

Schöberl, Helmut (2011), Reduktion der Wartungskosten von Lüftungsanlagen in Plus-Energiehäusern, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, Wien, Oktober 2011

Schöberl, Helmut; Lang, Christoph; Handler, Simon (2012): Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausprojekten, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, Wien, August 2012