

# Broschüre

## „Sanierung von Wohngebäuden“

Erarbeitet im Rahmen des integrierten Energienutzungsplans  
für die Stadt Forchheim

**INHALTSVERZEICHNIS:**

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>BESCHREIBUNG DER AUSGEWÄHLTEN GEBÄUDETYPEN UND ALLGEMEINE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN.....</b>	<b>3</b>
2.1	ALLGEMEINE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN .....	3
2.2	BESCHREIBUNG DER BETRACHTETEN GEBÄUDETYPEN.....	5
2.2.1	GEBÄUDETYP 1: „ZWEI VOLLGESCHOSSE OHNE DACHAUSBAU“ .....	5
2.2.2	GEBÄUDETYP 2: „EIN VOLLGESCHOSS UND DACHAUSBAU“ .....	6
2.3	BESCHREIBUNG DER SANIERUNGSMAßNAHMEN .....	7
2.3.1	SANIERUNGSMAßNAHMEN AN DER GEBÄUDEHÜLLE .....	7
2.3.2	SANIERUNGSMAßNAHMEN AN DER HEIZUNGSANLAGE .....	10
2.3.3	NICHT-INVESTIVE MAßNAHMEN - NUTZERVERHALTEN .....	12
2.4	TECHNISCHE MINDESTANFORDERUNGEN UND MÖGLICHE FÖRDERUNGEN.....	13
<b>3</b>	<b>ERMITTLUNG DER ENERGIEEINSPARPOTENTIALE UND WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG NACH BAUALTERSKLASSE .....</b>	<b>14</b>
3.1.1	GEBÄUDETYP 1 IN BAUALTERSKLASSE I (BIS 1948).....	16
3.1.2	GEBÄUDETYP 2 IN BAUALTERSKLASSE I (BIS 1948).....	17
3.2.1	GEBÄUDETYP 1 IN BAUALTERSKLASSE II (1949 BIS 1968).....	18
3.2.2	GEBÄUDETYP 2 IN BAUALTERSKLASSE II (1949 BIS 1968).....	19
3.3.1	GEBÄUDETYP 1 IN BAUALTERSKLASSE III (1969 BIS 1978).....	20
3.3.2	GEBÄUDETYP 2 IN BAUALTERSKLASSE III (1969 BIS 1978).....	21
3.4.1	GEBÄUDETYP 1 IN BAUALTERSKLASSE IV (1979 BIS 1983) .....	22
3.4.2	GEBÄUDETYP 2 IN BAUALTERSKLASSE IV (1979 BIS 1983) .....	23
3.5.1	GEBÄUDETYP 1 IN BAUALTERSKLASSE V (1984 BIS 1994) .....	24
3.5.2	GEBÄUDETYP 2 IN BAUALTERSKLASSE V (1984 BIS 1994) .....	25
3.6.1	GEBÄUDETYP 1 IN BAUALTERSKLASSE VI (AB 1995) .....	26
3.6.2	GEBÄUDETYP 2 IN BAUALTERSKLASSE VI (AB 1995) .....	27
<b>4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS: .....</b>	<b>31</b>

## 1 Einleitung

Im Rahmen der Erstellung des Energienutzungsplanes für die Stadt Forchheim wurde die wirtschaftliche Betrachtung energetischer Sanierungen von Wohngebäuden in Form dieser Informationsbroschüre erstellt. Dazu werden für unterschiedliche Baualtersklassen jeweils zwei typische Bauformen von Wohngebäuden herangezogen und die durch Sanierungsmaßnahmen an der wärmeübertragenden Gebäudehülle erzielbare Einsparung an Heizenergie berechnet. Die ermittelten Einsparpotentiale und die anschließende wirtschaftliche Betrachtung dienen den Eigentümern von Wohngebäuden als Orientierungshilfe bei der Planung zukünftiger Sanierungsmaßnahmen.

## 2 Beschreibung der ausgewählten Gebäudetypen und allgemeine Begriffserklärungen

### 2.1 Allgemeine Begriffserklärungen

#### U-Wert

Sämtliche Hüllflächen werden in der folgenden bauphysikalischen Begutachtung auf so genannte U-Werte bezogen. Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ist das Maß für den Wärmedurchgang durch eine Materialschicht. Ein U-Wert einer Wand von beispielsweise  $2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  sagt aus, dass bei einem Kelvin Temperaturunterschied von Innen nach Außen, 2 Watt Wärmeleistung pro Quadratmeter durch die Wand verloren gehen. Je niedriger der U-Wert eines Bauteils ist, desto günstiger wirkt sich dieses auf den Wärmeverlust des gesamten Gebäudes aus.

Im Folgenden werden die Hüllflächenbauteile nach den jeweiligen Gebäudeteilen und Baualtersklassen geordnet, dargestellt und bewertet.

#### Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit beschreibt den Transport von Energie in Form von Wärme durch einen Körper aufgrund eines Temperaturgefälles. Je geringer die Wärmeleitfähigkeit, desto weniger Wärme kann durch ein Material fließen. Dämmstoffe werden nach ihrer Wärmeleitfähigkeit in Wärmeleitgruppen eingeteilt. (z.B.: Wärmeleitfähigkeit  $0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  entspricht Wärmeleitgruppe 040)

#### Primärenergie

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl,

Gas, Strom, erneuerbare Energien, etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz, d. h. eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung.

### Endenergie

Der thermische Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist das Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur und der Warmwasserbedarf sichergestellt werden können.

### Nutzenergie

Die Nutzenergie ist diejenige Energie, die dem Endnutzer zur Verfügung steht. Das bedeutet, die Nutzenergie entspricht der Endenergie unter Abzug sämtlicher Verluste (Leitungsverluste, Anlagenverluste, etc.). Bei Wohngebäuden setzt sich die thermische Nutzenergie aus dem Wärmebedarf für Warmwasser und Gebäudebeheizung zusammen.

### Referenzklima:

Klimareferenzort: ..... Deutschland  
 Norm-Außentemperatur  $\vartheta_e$ : ..... -12 °C  
 Mittlere Außentemperatur  $\vartheta_{e,mittel}$ : ..... 8,9 °C

### Verbrauchsangaben:

Für die in dieser Studie enthaltenen Berechnungen wurden das EnEV-Standardnutzerverhalten und die Standardklimabedingungen zugrunde gelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine genauen Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs eines existierenden Wohngebäudes im Stadtgebiet von Forchheim gezogen werden. Erfahrungsgemäß ist der reale Wärmeverbrauch eines Wohngebäudes meist niedriger als der sich unter oben genannten Normbedingungen ergebende rechnerische Verbrauch.

### Software:

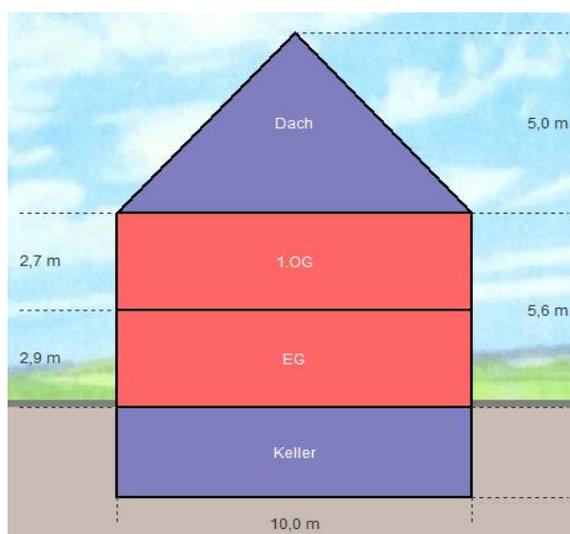
Zur Berechnung wird die Hottgenroth Energieberater 18599 Software verwendet.

## 2.2 Beschreibung der betrachteten Gebäudetypen

Damit Sie Ihr Haus in dieser Broschüre wiederfinden, werden im Folgenden zwei typische Bauweisen von Wohngebäuden näher betrachtet. Bei beiden Gebäudetypen wird für die Berechnungen das Standardnutzerverhalten nach EnEV, mit Raumtemperaturen von 19°C und einer Luftwechselrate von 0,7 1/h, zu Grunde gelegt. Es wird weiterhin angenommen, dass bei beiden Gebäudetypen der Wärmeerzeuger nicht älter als 20 Jahre ist und dass kein Denkmalschutz besteht.

### 2.2.1 Gebäudetyp 1: „Zwei Vollgeschosse ohne Dachausbau“

Das betrachtete Referenzgebäude hat einen unbeheizten Keller. In Erd- und Obergeschoss befindet sich der Wohnbereich, der Dachboden ist ebenfalls unbeheizt. Somit bilden Kellerdecke und oberste Geschossdecke den unteren bzw. oberen Abschluss der thermisch wirksamen Gebäudehülle. **Abbildung 1** zeigt zur Übersicht einen Schnitt durch den als Referenz betrachteten Gebäudetyp 1. Rote Flächen kennzeichnen beheizte, violette Flächen unbeheizte Räume.



**Abbildung 1: Schnitt von Gebäudetyp 1**

Für Gebäudetyp 1 gelten folgende Annahmen:

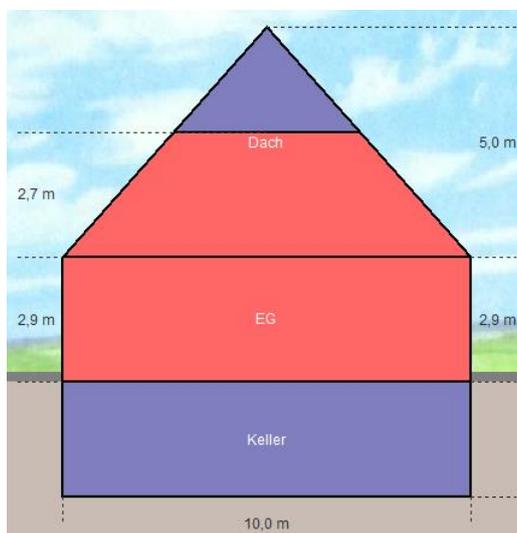
Grundfläche (10m x 12m).....	120 m <sup>2</sup>
Lichte Raumhöhe: .....	2,50 m
Beheiztes Gebäudevolumen:.....	672 m <sup>3</sup>
Beheiztes Luftvolumen: .....	511 m <sup>3</sup>
Thermisch wirksame Hüllfläche: .....	486 m <sup>2</sup>
Verhältnis Oberfläche zu Volumen: .....	0,72 1/m
Nutzfläche nach EnEV:.....	215 m <sup>2</sup>
Wohnfläche: .....	ca. 180 m <sup>2</sup>

Bauteile der thermisch wirksamen Gebäudehülle von Gebäudetyp 1:

Oberste Geschossdecke: .....	120 m <sup>2</sup>
Außenwände: .....	210 m <sup>2</sup>
Fenster: .....	36 m <sup>2</sup>
Kellerdecke: .....	120 m <sup>2</sup>

**2.2.2 Gebäudetyp 2: „Ein Vollgeschoss und Dachausbau“**

Das betrachtete Referenzgebäude hat ebenfalls einen unbeheizten Keller. Beim Gebäudetyp 2 ist nur das Erdgeschoss als Vollgeschoss ausgebildet. Darüber befindet sich ein ausgebautes Dachgeschoss. Den unteren Abschluss der thermischen Gebäudehülle bildet auch hier die Kellerdecke. Den seitlichen Abschluss im Obergeschoss bilden die Dachflächen (gesamt ca. 88 m<sup>2</sup>), mit einer angenommenen Neigung von 45°. Die Dachfenster (gesamt 4 m<sup>2</sup>) werden bei den Sanierungsbetrachtungen den Fensterflächen zugerechnet. In der Mitte schließt die als oberste Geschossdecke ausgeführte Zangenkonstruktion des Dachstuhls (ca. 55 m<sup>2</sup>) die thermische Hülle. **Abbildung 2** zeigt zur Übersicht einen Schnitt durch den als Referenz betrachteten Gebäudetyp 2. Rote Flächen kennzeichnen beheizte, violette Flächen unbeheizte Räume.



**Abbildung 2: Schnitt von Gebäudetyp 2**

Für Gebäudetyp 2 gelten folgende Annahmen:

Grundfläche (10m x 12m) .....	120 m <sup>2</sup>
Lichte Raumhöhe: .....	2,50 m
Beheiztes Gebäudevolumen:.....	573 m <sup>3</sup>
Beheiztes Luftvolumen: .....	435 m <sup>3</sup>

Thermisch wirksame Hüllfläche: .....	434 m <sup>2</sup>
Verhältnis Oberfläche zu Volumen: .....	0,76 1/m
Nutzfläche nach EnEV:.....	183 m <sup>2</sup>
Wohnfläche: .....	ca. 153 m <sup>2</sup>

#### Bauteile der thermisch wirksamen Gebäudehülle von Gebäudetyp 2:

Dach + oberste Geschossdecke:.....	143 m <sup>2</sup>
Außenwände: .....	137 m <sup>2</sup>
Fenster:.....	34 m <sup>2</sup>
Kellerdecke: .....	120 m <sup>2</sup>

## 2.3 Beschreibung der Sanierungsmaßnahmen

### 2.3.1 Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle

#### **Dämmung der Außenwände**

Eine Möglichkeit zur Reduktion des Wärmebedarfs ist die Dämmung der Außenwände mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS). Im Folgenden wird die mögliche Heizenergieeinsparung durch Montage einer 16 cm starken Dämmung der Wärmeleitgruppe 040 betrachtet. Wärmedämmverbundsysteme zählen mittlerweile zu Standardmaßnahmen. Auf eine detaillierte Beschreibung wird deshalb verzichtet. Verfügt ein Gebäude, bereits über eine Fassadendämmung mit geringer Dämmstärke, ist vor der Montage einer zusätzlichen Dämmung die Tragfähigkeit des Untergrundes zu überprüfen. Die Vollkosten für die Montage eines Wärmedämmverbundsystem liegen, abhängig vom jeweiligen Gebäude, im Bereich von ca. **110 €/m<sup>2</sup> bis 150 €/m<sup>2</sup>** inkl. Mehrwertsteuer. Für die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung anhand der Referenzgebäude werden für diese Maßnahme spezifische Bruttokosten in Höhe von **125 €/m<sup>2</sup>** angesetzt.

#### Investitionskosten bei Dämmung der gesamten Außenwandflächen:

Gebäudetyp 1 (210 m <sup>2</sup> ) .....	ca. 26.250,- €
Gebäudetyp 2 (137m <sup>2</sup> ) .....	ca. 17.125,- €

#### **Fenstertausch**

Zur Ermittlung der energetischen Qualität eines Fensters müssen zum einen die bauphysikalischen sowie die mechanischen Eigenschaften des Bauteils betrachtet werden. Die bauphysikalische Betrachtung erfolgt über den U-Wert, die mechanischen Eigenschaften beziehen sich auf die Dichtheit des Fensters. Bei nicht richtig schließenden Fenstern entsteht ein unkontrollierter Luftaustausch, die sogenannte Infiltration. Dies führt zu

unnötigem Wärmeverlust. Heizenergieverluste durch undichte Fenster lassen sich im Rahmen dieses Konzeptes nicht detailliert ermitteln. Es sollten daher generell diejenigen Fenster eines Gebäudes getauscht werden, bei denen der bauliche Zustand dies erfordert. In der folgenden Betrachtung wird ein, besonders in Bezug auf Dichtheit, einwandfreier Zustand der Bestandsfenster angenommen.

Der im Folgenden angesetzte U-Wert von  $2,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  bezieht sich auf Fenster mit Holzrahmen. Die U-Werte von vor 1994 hergestellten Fenstern mit Isolierverglasung und Stahl- bzw. Alurahmen liegen bei ca.  $4,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , mit Kunststoffrahmen bei ca.  $3,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Verfügen die Stahl- und Alufenster aus dieser Zeit bereits über eine Wärmeschutzverglasung liegt der U-Wert bei rund  $3,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Die Einsparpotentiale sind dementsprechend höher als bei Fenstern mit Holzrahmen. Die Bestandsfenster werden in den betrachteten Sanierungsfällen durch Fenster mit einem U-Wert von  $1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ersetzt. Mit diesem U-Wert werden die Anforderungen an Einzelmaßnahmen nach EnEV 2014 erreicht. Für eine Beantragung der Förderung über KfW ist ein U-Wert kleiner  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  einzuhalten. Um Schimmelbildung durch Taupunktverlagerung zu vermeiden ist darauf zu achten, dass der U-Wert der neuen Fenster den U-Wert der Außenwände nicht unterschreitet.

Weiter sollte bei einem Fenstertausch die Sicherstellung eines ausreichenden Luftwechsels beachtet werden. Bei neuen Fenstern tritt der Effekt der Infiltration kaum noch auf, wodurch öfter und länger gelüftet werden muss um Schimmelbildung zu vermeiden. Der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (zentral oder dezentral) kann helfen Schäden durch unzureichende Lüftung zu vermeiden.

Die Kosten bei einem Austausch der Bestandsfenster gegen Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung liegen zwischen rund **370,- und 420,- €/m<sup>2</sup>**. Für die wirtschaftliche Betrachtung der Sanierung der Referenzgebäude werden Investitionskosten von **400,- €/m<sup>2</sup>** inkl. Mehrwertsteuer angesetzt.

#### Investitionskosten bei Austausch aller Bestandsfenster:

Gebäudetyp 1 (36 m <sup>2</sup> ) .....	14.400,- €
Gebäudetyp 2 (34 m <sup>2</sup> ) .....	13.600,- €

#### **Dämmung der Kellerdecke**

Bei dieser Maßnahme werden die Unterseiten der Decken von unbeheizten Kellerräumen gedämmt. Um jedoch die Nutzung nicht zu beeinträchtigen, ist vor der Durchführung die im jeweiligen Raum notwendige lichte Höhe festzulegen. Die Stärke der Dämmung sollte so gewählt werden, dass sich nach der Maßnahme keine Nutzungseinschränkungen ergeben. In der folgenden Betrachtung wird die Verwendung einer ca. 12 cm starken Dämmung (WLG 040) angenommen.

Die Kosten der für diese Sanierungsmaßnahme liegen, je nach Ausführungsart, im Bereich von **35,- bis 45,- €/m<sup>2</sup>**. Die spezifischen Kosten der Maßnahme werden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei **40,- €/m<sup>2</sup>** inkl. Mehrwertsteuer angesetzt.

Investitionskosten bei Dämmung der gesamten Kellerdecken:

Gebäudetyp 1 (120 m <sup>2</sup> ) .....	3.600,- €
Gebäudetyp 2 (120 m <sup>2</sup> ) .....	3.600,- €

**Dämmung der obersten Geschossdecken (OGD)**

Es wird die oberste Geschossdecke eines Gebäudes oder Gebäudeabschnitts gedämmt. Dies erfolgt bei Gebäudetyp 1 durch die Verlegung einer 20 cm starken (WLG 040), begehbaren Dämmung. Es sollte vor Durchführung der Maßnahme im jeweiligen Gebäude geprüft werden, ob eine Begehbarkeit der Dämmung notwendig ist. Eine nicht begehbare Dämmung, wie für den Gebäudetyp 2 angenommen, verursacht geringeren Sanierungsaufwand und somit niedrigere Investitionskosten. Für zugängliche und ungedämmte oberste Geschossdecken besteht zudem nach § 10 EnEV eine Dämmpflicht.

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen zwischen **55,- bis 70,- €/m<sup>2</sup>**. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden für eine begehbare Dämmung Kosten von **65,- €/m<sup>2</sup>** angesetzt, für eine nicht begehbare Dämmung **30,- €/m<sup>2</sup>**.

Investitionskosten bei Dämmung der gesamten Kellerdecke:

Gebäudetyp 1: (120 m <sup>2</sup> , begehbar).....	ca. 7.800,- €
Gebäudetyp 2: (55 m <sup>2</sup> , nicht begehbar) .....	ca. 1.650,- €

**Dämmung der Schrägdächer**

Bei diesem Bauteil werden eine erstmalige Einbringung bzw. Erneuerung der Zwischensparrendämmung und die Montage einer zusätzlichen Untersparrendämmung zu einer Gesamtdämmstärke von 20 cm betrachtet. Die betrachtete Maßnahme wird mit einer Dämmung der Wärmeleitgruppe 040 ausgeführt. Es wird angenommen, dass die Abnahme der Dachinnenverkleidung, das Einbringen von Dämmstoff, die Anbringung der Dampfbremse und eine neue Dachinnenverkleidung berücksichtigt werden.

Die spezifischen Bruttokosten für die energetische Sanierungsmaßnahme betragen zwischen **65,- und 80 €/m<sup>2</sup>**. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden Investitionskosten von **70,- €/m<sup>2</sup>** brutto angenommen.

Investitionskosten bei Dämmung aller thermisch wirksamen Dachflächen:

Gebäudetyp 1:.....	kein thermisch wirksamer Flächenanteil
Gebäudetyp 2 (ca. 88 m <sup>2</sup> ):.....	ca. 6.900,- €

## 2.3.2 Sanierungsmaßnahmen an der Heizungsanlage

### Wärmeerzeuger

Die Lebensdauer für Wärmeerzeuger beträgt nach VDI 2067 20 Jahre. Kessel die über 20 Jahre alt sind, haben damit ihre Lebensdauer nach VDI 2076 erreicht und weisen meist geringe Anlagennutzungsgrade auf. Eine erforderliche Kesselerneuerung ist absehbar. Der Anlagennutzungsgrad wird bestimmt durch den Wirkungsgrad des Brenners und des Kessels, den Abgasverlust und den Bereitschaftsverlusten. Durch eine Erneuerung des Kessels kann der Energiedurchsatz im Gegensatz zum alten Kessel um ca. 5 bis 10% gesenkt werden. Neue Heizanlagen weisen neben besserer Wärmedämmung auch eine höhere Brennstoffausnutzung auf.

### Pumpen

Die Heizkreise der von Wohngebäuden werden häufig durch stufengeregelte Umwälzpumpen versorgt. Ein Austausch und Ersatz dieser Pumpen durch hocheffiziente, elektronisch geregelte Umwälzpumpen hat sich in der Regel bereits nach wenigen Jahren amortisiert. Der Stromverbrauch je Pumpe kann um bis zu 75 % gesenkt werden.

### Hydraulischer Abgleich

Warmwasserpumpenheizungen sind aus verzweigten Rohrleitungssystemen aufgebaut. Durch diese Systeme muss überall gleich viel Wasser fließen, um ein gleichmäßiges Aufheizen zu gewährleisten und einem schlechten Regelverhalten der Thermostatventile vorzubeugen. Durch die Rohrreibung und verschiedene Einbauten in dieses Rohrsystem kommt es zum Druckverlust. Die Folge kann sein, dass nicht mehr durch alle Heizkörper die gleiche Menge an Warmwasser fließt und einige Heizkörper mehr Wärme und andere weniger Wärme abgeben. Um Energieverlusten vorzubeugen, ist es sinnvoll die Heizanlage hydraulisch abzugleichen. Dies erfolgt durch Begrenzung des Durchflusses an den entsprechenden Stellen des Rohrleitungssystems. Durch diese Begrenzung wird erreicht, dass jedem Heizkörper der tatsächlich benötigte Volumenstrom zur Verfügung gestellt wird. Anschließend sollten die Pumpenleistungen überprüft werden und gegen elektronisch geregelte Pumpen ausgetauscht werden.

Eine regelmäßige Wartung der Wärmeerzeuger ist für einen effizienten Betrieb unerlässlich. Bei dem jährlich wiederkehrenden Kundendienst wird neben der Funktionsprüfung der Regelung, der Brenner und der Kessel gereinigt, begutachtet und defekte Teile ausgetauscht. Zudem können mit dem Fachpersonal Vorort mögliche regelungstechnisch anspruchsvolle Änderungen vorgenommen werden.

Die Entlüftung der Heizkreise zum Beginn der Heizperiode ist dringend zu empfehlen, da bei Lufteinschlüssen die Heizleistung der Wärmeübertrager geringer ausfällt und somit zum

Erreichen der eingestellten Heizleistung höhere Vorlauftemperaturen bzw. eine höhere Pumpenleistung notwendig wird.

Auf eine fachgerechte Dämmung aller warmwasserführenden Leitungen ist zur Minimierung von Verlusten zu achten. Dabei ist zu beachten, dass auch sämtliche Armaturen wie Pumpen, Schieber, Verteiler und Ventile gedämmt sind. Die Isolierung der Wärmeverteilung weist ein hohes Kosten- / Nutzenpotential auf.

### Umstellung von Heizöl auf Erdgas

Der Brennstoffwechsel von Heizöl auf Erdgas bietet einige Vorteile. Durch den Netzanschluss müssen keine Heizölvorräte bestellt und vorfinanziert werden. Da kein Heizöltank mehr nötig ist steht auch mehr Platz im Gebäude zur Verfügung. Die Verbrennung von Erdgas ist zudem emissionsärmer als die Verbrennung von Heizöl oder festen Brennstoffen. Die Kosten für einen Standard-Erdgasanschluss bei den Stadtwerken Forchheim gliedern sich folgendermaßen:

Baukostenzuschuss (Anschlussleistung < 50 kW) .....	590,- €
Grundbetrag für Hausanschluss .....	250,- €
<u>Kosten für Anschlussleitung (90 € pro m Anschlusslänge) .....</u>	<u>900,- €</u>
Gesamt .....	1.740,- €

Die Länge des Hausanschlusses wird, unabhängig von der tatsächlichen Anbindungsstelle an das Versorgungsnetz, stets von der Straßenmitte bis zur Hauptabsperrvorrichtung gemessen. In den oben genannten Kosten werden 10 m Anschlusslänge angesetzt. Informationen dazu sind unter

[http://www.stadtwerke-forchheim.de/site/EFG/gas\\_netzanschluss.php](http://www.stadtwerke-forchheim.de/site/EFG/gas_netzanschluss.php) abrufbar.

Tabelle 1 zeigt die die statischen Amortisationszeiten der zuvor genannten Netzanschlusskosten durch die Heizkostensparnis bei verschiedenen Abnahmemengen. Kosten für den Umbau der Heizungsanlage, wie z.B. ein neuer Brenner, sind darin nicht enthalten. Die für die Berechnung verwendeten Erdgaspreise beziehen sich auf den Tarif „Bestpreis Gas“ der Erdgas Forchheim GmbH. Die verwendeten Heizölpreise für die verschiedenen Abnahmemengen wurden bei [www.fastenergy.de](http://www.fastenergy.de) für die Stadt Forchheim abgefragt (Stand 20.08.2014).

**Tabelle 1: Heizkosteneinsparung und Amortisationszeit der Netzanschlusskosten bei Umstellung von Heizöl auf Erdgas**

Heizenergieverbrauch [kWh/a]	Kosten Heizöl [€/a]	Kosten Erdgas [€/a]	Ersparnis [€/a]	Amortisationszeit [a]
10.000	842	788	54	32
15.000	1.241	1.104	138	13
20.000	1.624	1.419	205	8
25.000	2.066	1.753	312	6
30.000	2.369	2.058	311	6
35.000	2.764	2.363	401	4
40.000	3.159	2.668	491	4
45.000	3.554	2.973	581	3
50.000	3.920	3.278	641	3
55.000	4.312	3.583	728	2
60.000	4.704	3.888	815	2
65.000	5.096	4.193	902	2
70.000	5.488	4.498	989	2

Wie in obiger Tabelle ersichtlich ist, amortisiert sich die Umstellung auf Erdgas ab einem Heizenergieverbrauch 20.000 kWh/a in einem kurzfristigen Rahmen. Diese Energiemenge entspricht rund 2.000 Litern Heizöl.

### 2.3.3 Nicht- investive Maßnahmen - Nutzerverhalten

Nicht- investive Maßnahmen zur Energieeinsparung bauen auf der Änderung der Nutzungsgewohnheiten auf. Hierzu zählt die Information der Bewohner, wie und wo Energie gespart werden kann. Nicht- investive Maßnahmen sind zum einen Richtiges Lüften, Abschaltung nicht genutzter Geräte/Maschinen, effizienter Einsatz vorhandener Heizungstechnik. Da diese Maßnahmen nicht für jedes Gebäude einzeln dargestellt werden können, werden im Folgenden die nicht- investiven Maßnahmen vorgestellt.

#### Lüften

Richtiges Lüften ist vor allem in Gebäuden ohne geregelte Lüftungstechnik wichtig, um ein gesundes Raumklima zu schaffen, Pilzbefall zu vermeiden und die Heizkosten möglichst niedrig zu halten.

Das Heizkörperthermostat unter dem Fenster sollte geschlossen werden, um unnötige Wärmeverluste während des Lüftens zu vermeiden. Querlüften (Lüften bei weit geöffneten, gegenüberliegenden Fenstern) ist effektiver als die Fenster über lange Zeit gekippt zu lassen.

### Optimale Raumtemperatur/ -bedingungen

Grundsätzlich gilt, dass Temperaturen von 19 bis 22°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 35 bis 60% eingehalten werden sollten, um das Raumklima als behaglich zu empfinden. Die optimale Luftfeuchtigkeit kann mit einem Hygrometer überprüft werden. Zu empfehlen sind grundsätzlich Lüftungszeiten von ca. 15 Minuten. Je kälter es draußen ist, desto kürzer kann gelüftet werden. Häufig werden Räume überheizt, d. h. es werden Temperaturen von über 22° bis 24°C eingestellt. Durch die Absenkung der Raumtemperatur um 1°C kann der Energieverbrauch um bis zu 6% gesenkt werden. Die Einstellung der Raumtemperaturen kann z. B. durch den Hausmeister in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden. Des Weiteren sollte die Raumtemperatur bei Verlassen des Raumes um rund 5 K abgesenkt werden.

### 2.4 Technische Mindestanforderungen und mögliche Förderungen

Bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden, insbesondere bei der Wärmedämmung, sind entsprechende Regeln zu beachten und Grenzwerte einzuhalten. Diese sind in der EnEV 2014 geregelt. Im Anhang 3 der EnEV sind die Anforderungen, die bei einer nachträglichen Änderung von Außenbauteilen gestellt werden, enthalten.

Des Weiteren schreibt die KfW-Bank in ihrem Programm „KfW 151 – Energieeffizient Sanieren“ zur Gewährung von Krediten und Investitionskostenzuschüssen technische Mindestanforderungen vor. Das KfW-Programm ist als Anreiz für einen hohen Dämmstandard, der über dem der EnEV liegt, gedacht.

Nähere Informationen sind unter [www.kfw.de](http://www.kfw.de) abrufbar.

Die im Rahmen dieses Konzeptes berechneten Energieeinsparpotentiale beziehen sich jeweils auf eine Sanierung, die den EnEV-Mindestanforderungen entspricht.

Tabelle 2 zeigt eine Gegenüberstellung der bauteilbezogenen technischen Mindestanforderungen an die U-Werte nach EnEV und nach KfW.

**Tabelle 2: Die technischen Mindestanforderungen nach EnEV 2014 und KfW**

Bauteil	Mindestanforderungen an den U-Wert [W/(m <sup>2</sup> *K)]	
	EnEV	KfW
Außenwand	0,24	0,20
Dachflächen	0,24	0,14
oberste Geschossdecke	0,24	0,14
Fenster	1,30	0,95
Kellerdecke/Bodenplatte	0,30	0,25

### 3 Ermittlung der Energieeinsparpotentiale und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach Baualtersklasse

Im folgenden Abschnitt werden für die verschiedenen Baualtersklassen und Gebäudetypen jeweils die Einsparpotentiale an Heizenergie ermittelt und die Wirtschaftlichkeit anhand der statischen Amortisationszeit betrachtet. Statische Amortisationszeit bedeutet in diesem Zusammenhang die Rückflussdauer der Investitionskosten allein durch die Einsparung an Brennstoffkosten. Für die angegebenen Einsparpotentiale gilt die Annahme, dass der Heizkessel im Gebäude nicht älter als 20 Jahre ist.

Die Diagramme in den folgenden Abschnitten zeigen für jeden Gebäudetyp in jeder Baualtersklasse das prozentuale Einsparpotential an Heizenergie. Die angegebenen Werte dienen den Hauseigentümern zur Einschätzung des prozentualen Einsparpotentials am eigenen Gebäude anhand des tatsächlichen Heizenergieverbrauchs.

Die Tabellen der folgenden Abschnitte zeigen für jeden Gebäudetyp in jeder Baualtersklasse eine beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die angegebenen Amortisationszeiten ergeben sich aus den unter 2.3 angegebenen Investitionskosten. Der angesetzte Preis für Heizenergie beträgt **9 Cent/kWh** brutto.

Die in dieser Broschüre angesetzten Investitionskosten gelten für die Durchführung von einer Fachfirma, als Einzelmaßnahme zur energetischen Verbesserung der Gebäudehülle. Kann ein Teil der jeweiligen Maßnahme in Eigenleistung durchgeführt werden, ist von geringerem Kostenaufwand auszugehen. Sind bei einem Gebäude ohnehin Reparatur- oder Renovierungsmaßnahmen notwendig, lässt sich die wärmeschutztechnische Qualität der betreffenden Bauteile durch einen wesentlich geringeren Kostenaufwand erhöhen.

Der angegebene Primärenergiebedarf der Gebäude im sanierten Zustand bezieht sich auf eine Wärmeerzeugung durch einen Erdgas-Standardkessel (Baujahr nach 1995). Die Warmwasserbereitung erfolgt ebenfalls über den Heizkessel (keine Zirkulationsleitung). Der angegebene End- und Primärenergiebedarf schließt somit den Warmwasserbedarf mit ein. Für die Wärmeübergabe und die Wärmeverteilung wird ein der jeweiligen Baualtersklasse entsprechender Zustand angesetzt. Beim Einsatz anderer Brennstoffe, wie z.B. Heizöl oder Holzpellets, ergeben sich abweichende Werte für den Primärenergiebedarf.

Den angegebenen Werten für den jährlichen Heizendenergieverbrauch im Ist-Zustand ist das EnEV-Standardnutzerverhalten zugrunde gelegt.

**Beschreibung der Baualtersklassen:****Baualtersklasse I: Baujahr bis 1948**

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 340 und 390 kWh/m<sup>2</sup>a. Heizendenergieverbrauch:

Gebäudetyp 1.....	78.900 kWh/a
Gebäudetyp 2.....	67.900 kWh/a

**Baualtersklasse II: Baujahr 1949 bis 1968**

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 280 und 330 kWh/m<sup>2</sup>a. Heizendenergieverbrauch:

Gebäudetyp 1.....	66.700 kWh/a
Gebäudetyp 2.....	53.900 kWh/a

**Baualtersklasse III: Baujahr 1969 bis 1978**

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 230 und 280 kWh/m<sup>2</sup>a. Heizendenergieverbrauch:

Gebäudetyp 1.....	53.300 kWh/a
Gebäudetyp 2.....	47.800 kWh/a

**Baualtersklasse IV: Baujahr 1979 bis 1983**

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 190 und 240 kWh/m<sup>2</sup>a. Heizendenergieverbrauch:

Gebäudetyp 1.....	46.800 kWh/a
Gebäudetyp 2.....	42.000 kWh/a

**Baualtersklasse V: Baujahr 1984 bis 1994**

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 170 und 220 kWh/m<sup>2</sup>a. Heizendenergieverbrauch:

Gebäudetyp 1.....	41.000 kWh/a
Gebäudetyp 2.....	39.100 kWh/a

**Baualtersklasse VI: Baujahr ab 1995**

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 120 und 150 kWh/m<sup>2</sup>a. Heizendenergieverbrauch:

Gebäudetyp 1.....	30.900 kWh/a
Gebäudetyp 2.....	27.700 kWh/a



### 3.1.1 Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse I (bis 1948)

Abbildung 3 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse I (bis 1948).

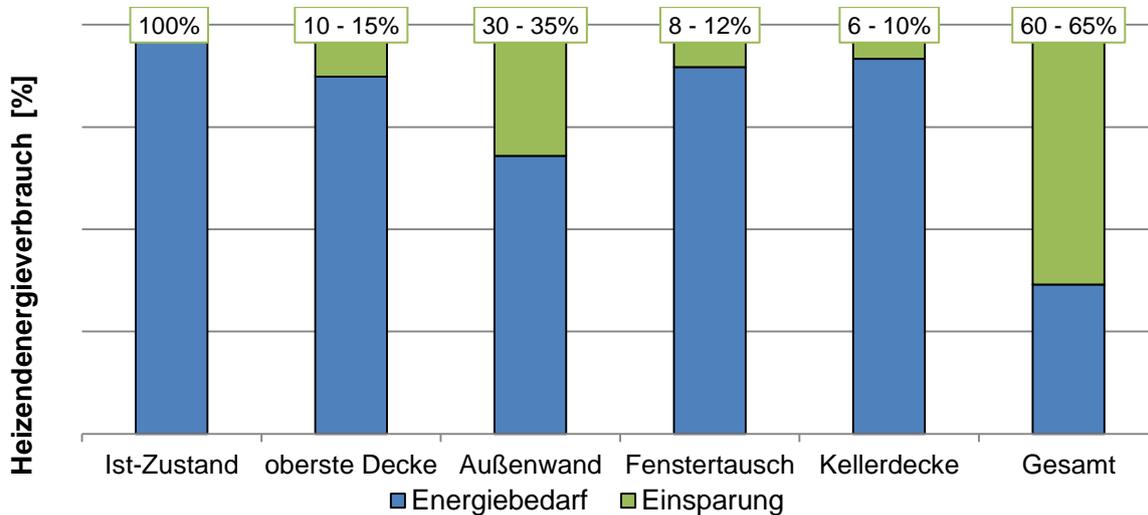
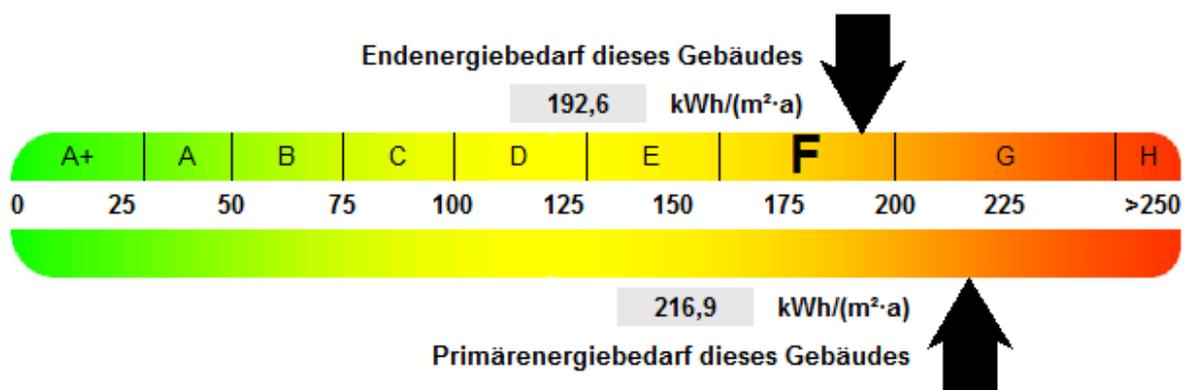


Abbildung 3: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 1 in BAK I (bis 1948).

Tabelle 3: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse I (bis 1948).

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	2,10	0,18	10.000	900	9
Außenwand	210	Dämmung	1,70	0,22	25.300	2.280	12
Fenster	36	Austausch	5,00	1,30	8.200	740	20
Kellerdecke	120	Dämmung	1,20	0,26	6.600	590	8
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>				<b>50.100</b>	<b>4.510</b>	<b>12</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.1.2 Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse I (bis 1948)

Abbildung 4 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse I (bis 1948).

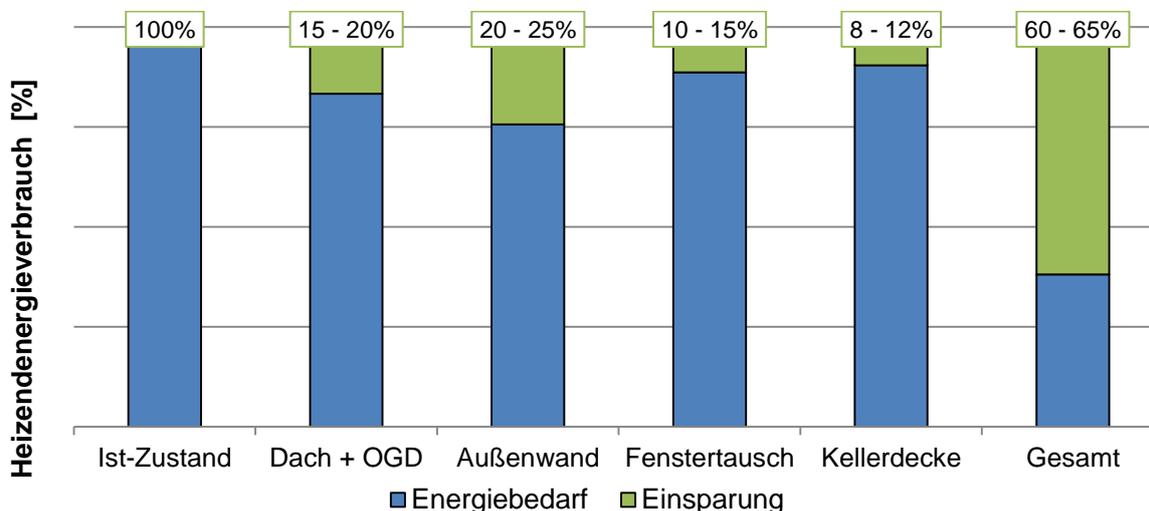
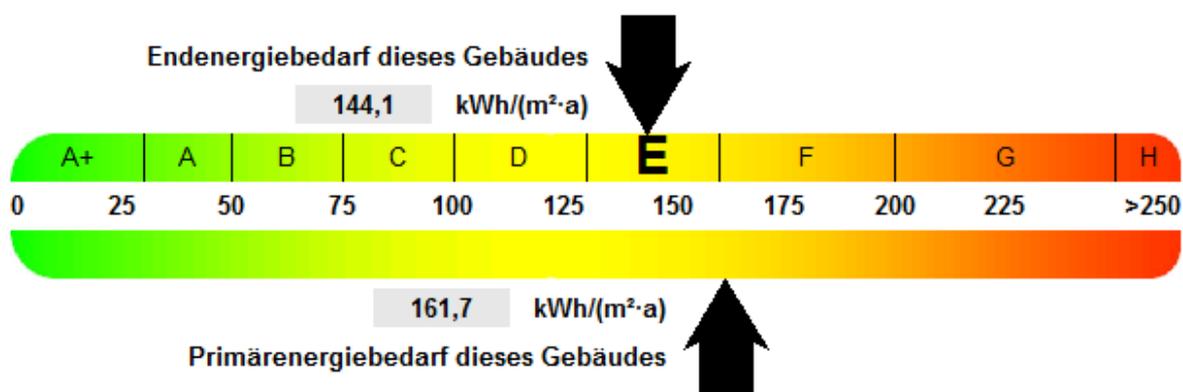


Abbildung 4: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 2 in BAK I (bis 1948).

Tabelle 4: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse I (bis 1948).

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	1,40	0,17	11.300	1.020	8
Außenwand	137	Dämmung	1,70	0,22	16.500	1.490	12
Fenster	34	Austausch	5,00	1,30	7.700	690	20
Kellerdecke	120	Dämmung	1,20	0,26	6.500	590	8
<b>Gesamt</b>	<b>434</b>				<b>42.000</b>	<b>3.790</b>	<b>11</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.2.1 Gebäudety 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968)

Abbildung 5 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968).

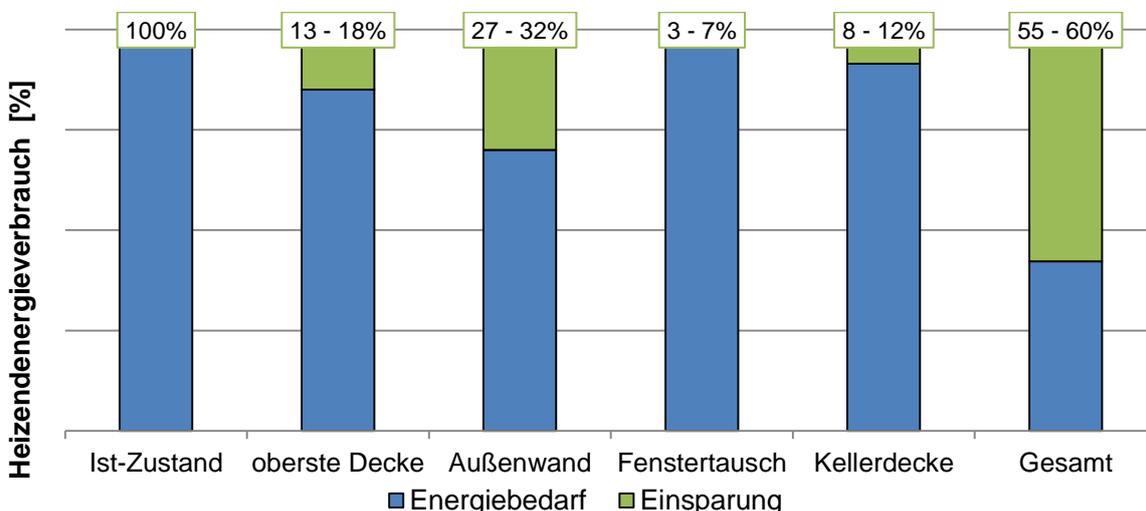
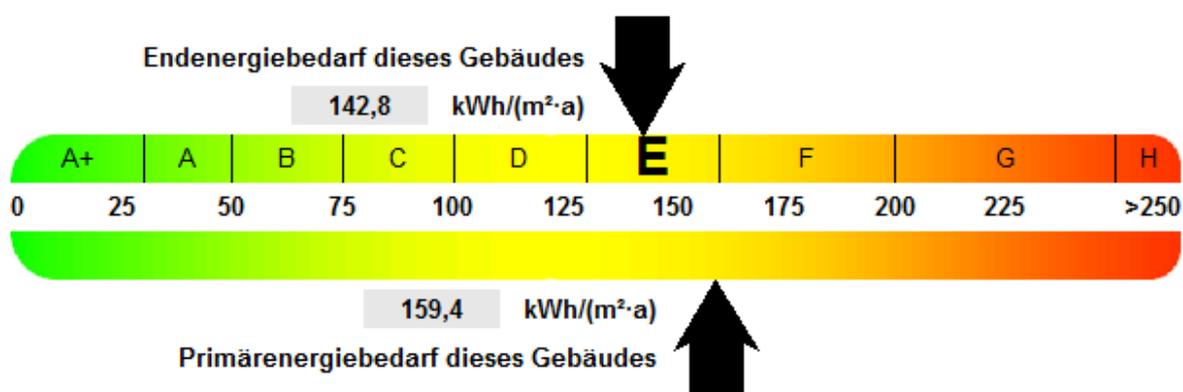


Abbildung 5: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK II (1949 bis 1968)

Tabelle 5: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	2,10	0,18	10.000	900	9
Außenwand	210	Dämmung	1,40	0,21	20.000	1.800	15
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	2.800	300	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	1,00	0,25	5.700	500	9
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>				<b>38.500</b>	<b>3.500</b>	<b>15</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.2.2 Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968)

Abbildung 6 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968).

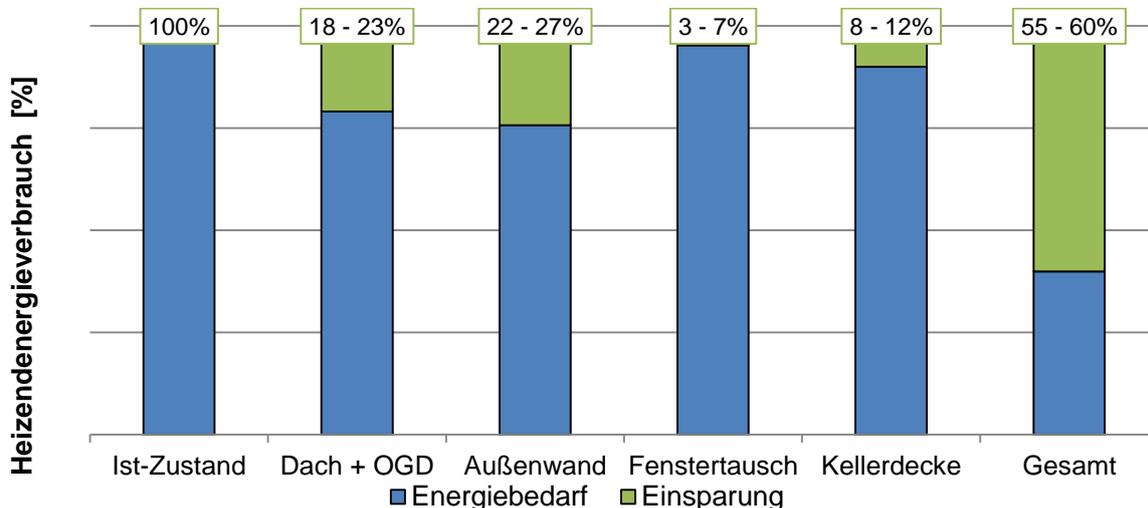
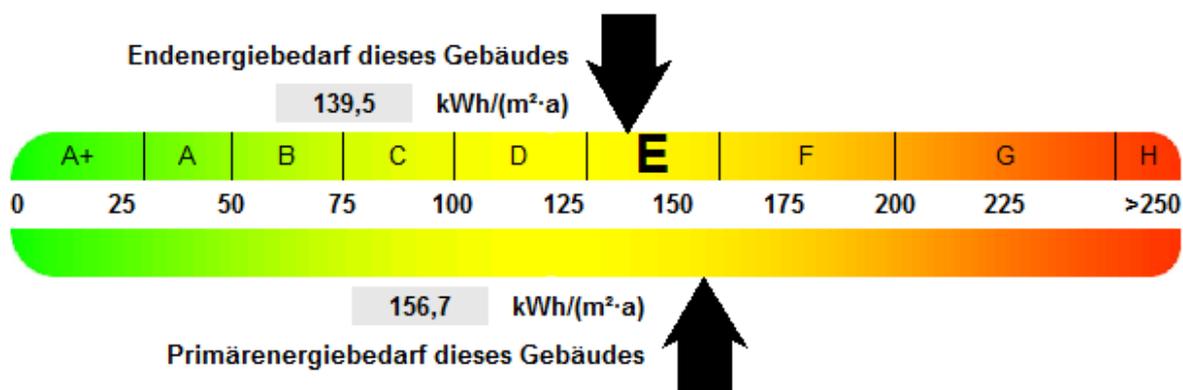


Abbildung 6: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse II

Tabelle 6: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	1,40	0,17	11.300	1.020	8
Außenwand	137	Dämmung	1,40	0,21	13.100	1.180	15
Fenster	34	Austausch	2,70	1,30	2.600	230	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	1,00	0,25	5.400	490	10
<b>Gesamt</b>	<b>434</b>				<b>32.400</b>	<b>2.920</b>	<b>15</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.3.1 Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978)

Abbildung 7 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).

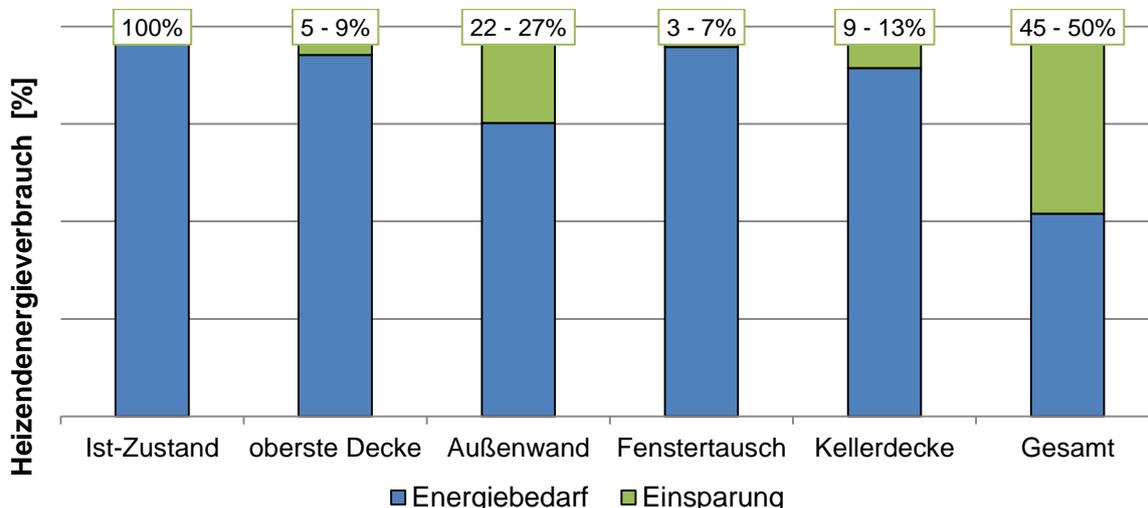
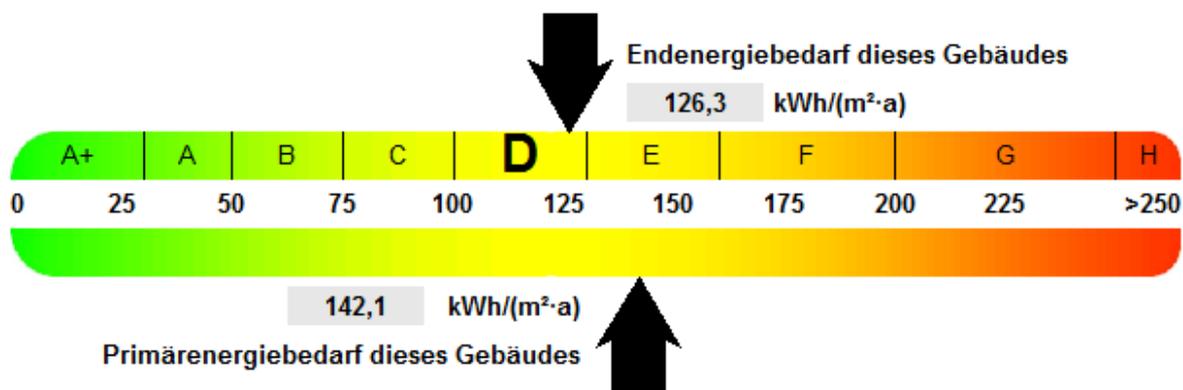


Abbildung 7: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 1 in BAK III (1969 bis 1978)

Tabelle 7: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,60	0,15	3.900	350	22
Außenwand	210	Dämmung	1,00	0,20	13.200	1.190	22
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	2.800	250	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	1,00	0,25	5.700	510	9
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>				<b>25.600</b>	<b>2.300</b>	<b>23</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.3.2 Gebäudety 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978)

Abbildung 8 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).

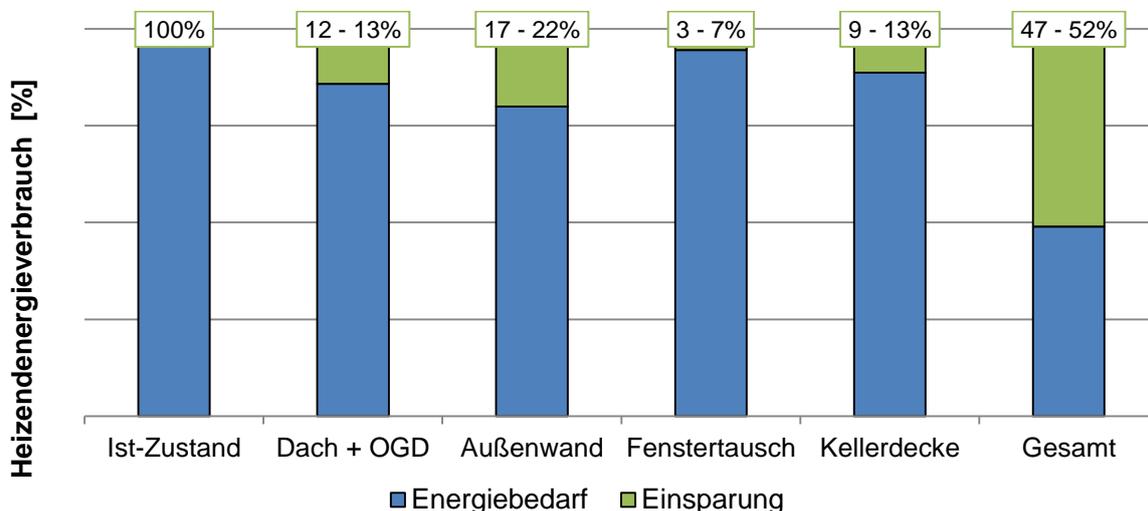
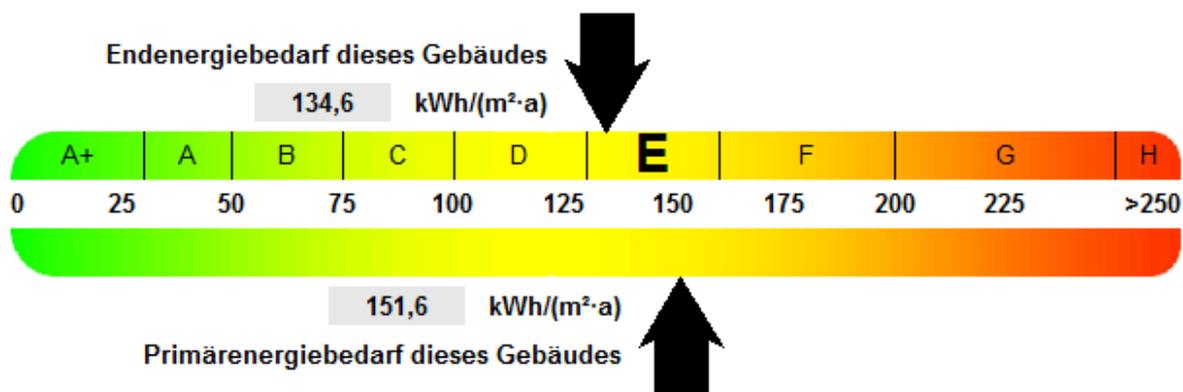


Abbildung 8: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in BAK III (1969 bis 1978)

Tabelle 8: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,80	0,16	6.800	610	13
Außenwand	137	Dämmung	1,00	0,20	9.600	860	20
Fenster	34	Austausch	2,70	1,30	2.600	230	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	1,00	0,25	5.400	490	10
<b>Gesamt</b>	<b>434</b>				<b>24.400</b>	<b>2.190</b>	<b>20</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.4.1 Gebäudety 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983)

Abbildung 9 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).

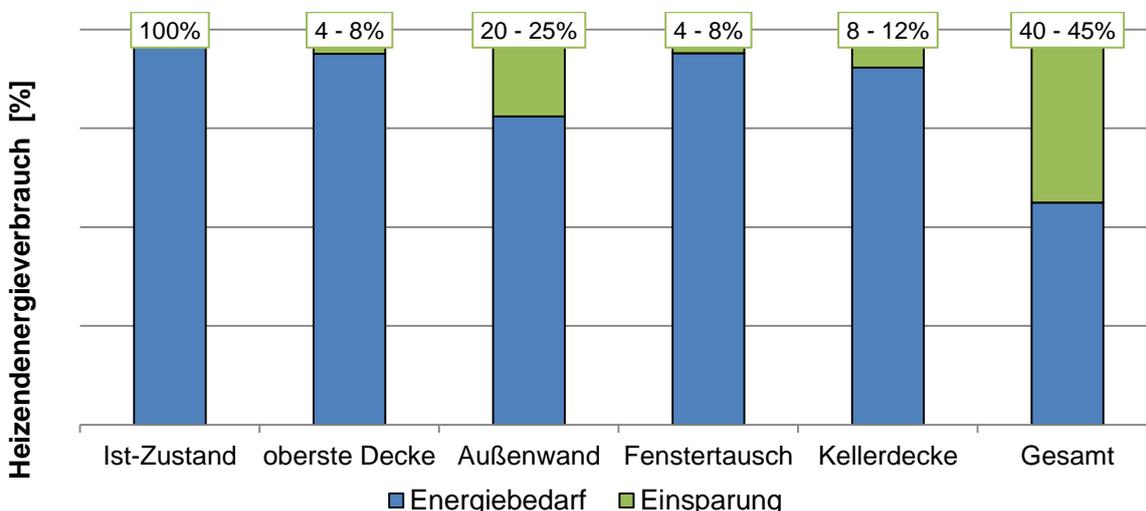
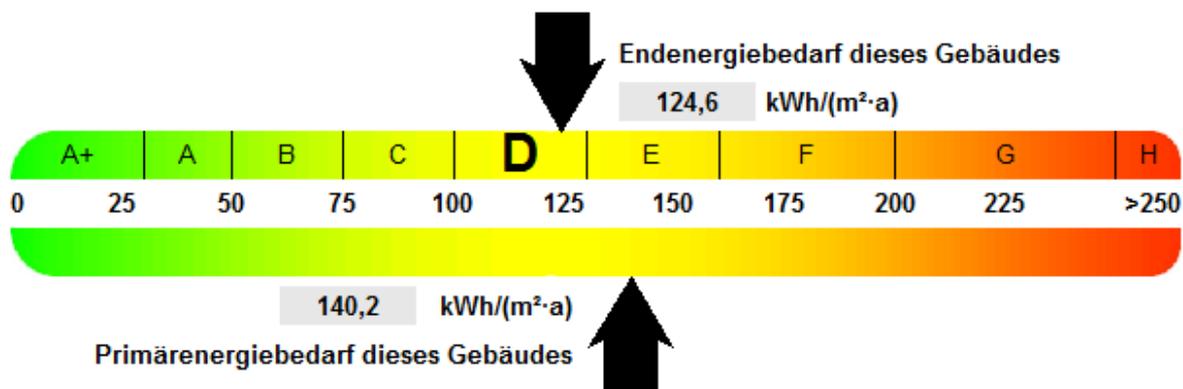


Abbildung 9: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK IV (1979 bis 1983)

Tabelle 9: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,40	0,13	2.900	260	> 30
Außenwand	210	Dämmung	0,80	0,19	10.300	930	> 25
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	2.800	250	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,80	0,24	4.500	410	12
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>				<b>20.500</b>	<b>1.850</b>	<b>29</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.4.2 Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983)

Abbildung 10 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).

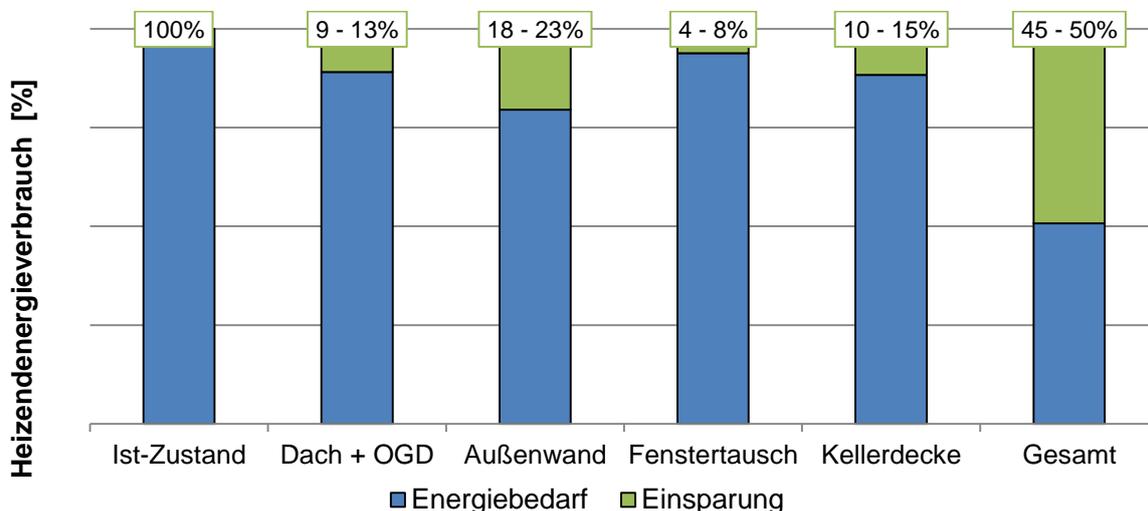
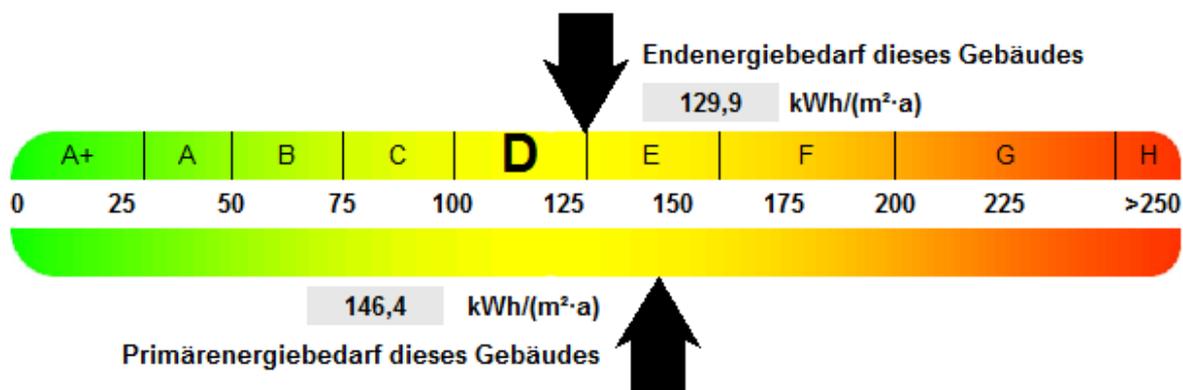


Abbildung 10: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in BAK IV (1978 bis 1983)

Tabelle 10: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,50	0,14	4.600	410	19
Außenwand	137	Dämmung	0,80	0,19	8.600	770	22
Fenster	34	Austausch	2,70	1,30	2.600	230	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,80	0,24	4.900	440	11
<b>Gesamt</b>	<b>434</b>				<b>20.700</b>	<b>1.850</b>	<b>23</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.5.1 Gebäudety 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994)

Abbildung 11 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).

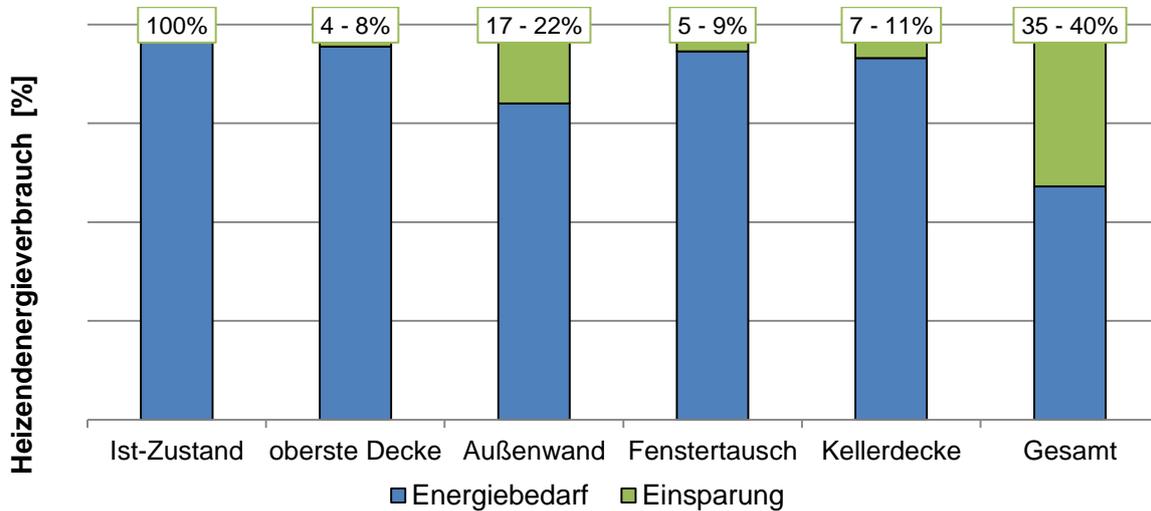
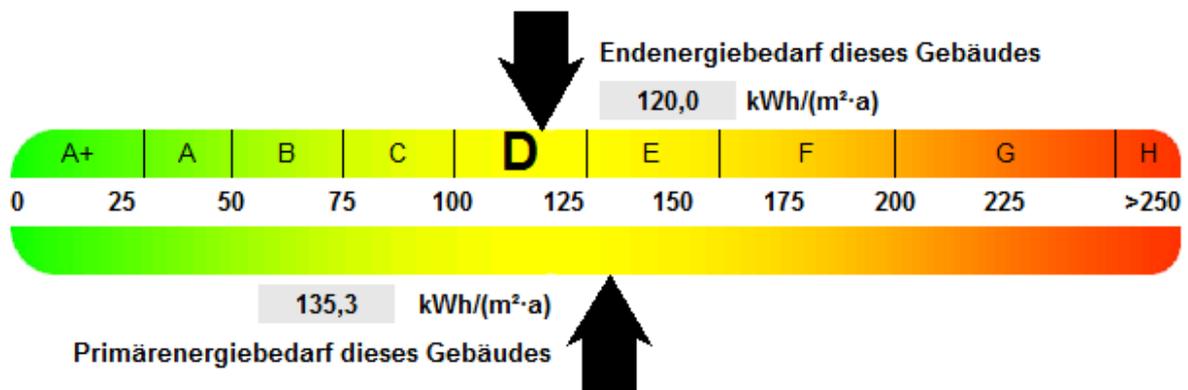


Abbildung 11: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK V (1984 bis 1994)

Tabelle 11: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994)

	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,40	0,12	2.300	210	>35
Außenwand	210	Dämmung	0,60	0,18	8.200	740	> 35
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	2.800	250	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,60	0,21	3.500	320	15
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>				<b>16.800</b>	<b>1.520</b>	<b>35</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.5.2 Gebäudety 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994)

Abbildung 12 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).

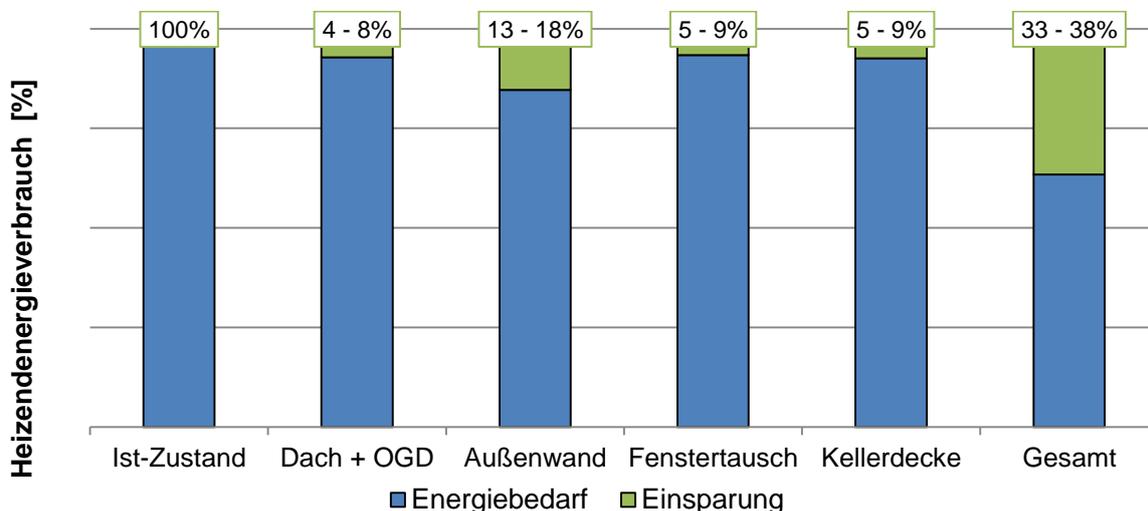
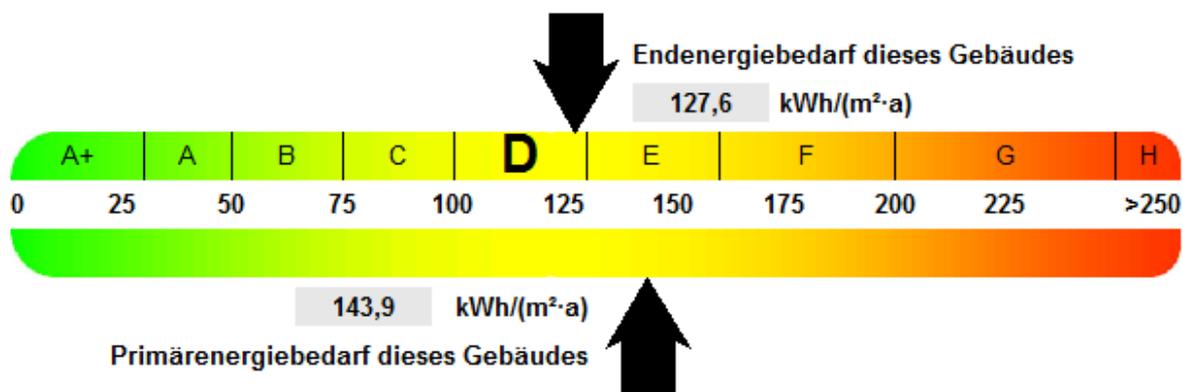


Abbildung 12: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in BAK V (1984 bis 1994)

Tabelle 12: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,30	0,13	2.800	250	> 30
Außenwand	137	Dämmung	0,60	0,18	6.000	540	> 30
Fenster	34	Austausch	2,70	1,30	2.600	230	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,60	0,21	2.900	260	18
<b>Gesamt</b>	<b>434</b>				<b>14.300</b>	<b>1.280</b>	<b>34</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.6.1 Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse VI (ab 1995)

Abbildung 13 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse VI (ab 1995).

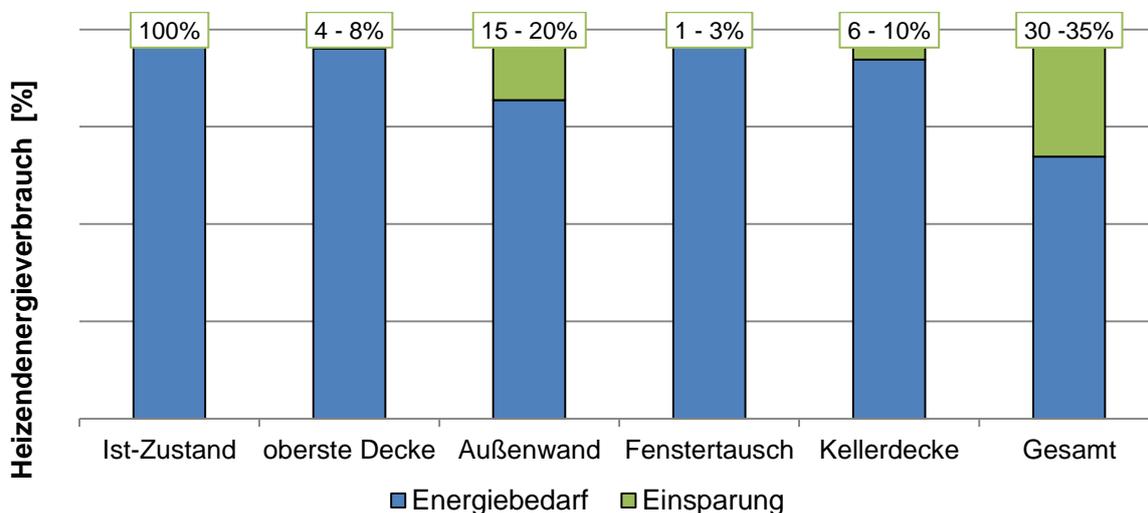
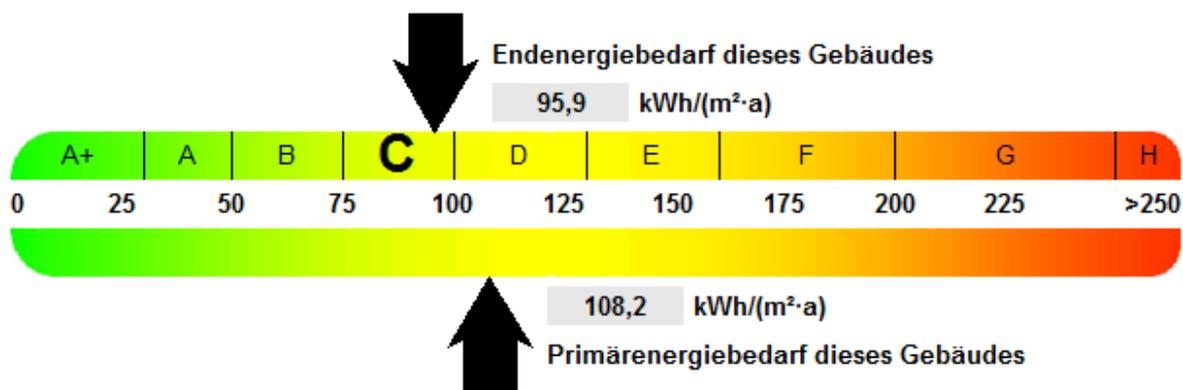


Abbildung 13: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 1 in BAK VI (ab 1995)

Tabelle 13: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse VI (ab 1995)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,30	0,12	1.500	140	> 40
Außenwand	210	Dämmung	0,50	0,17	5.600	500	> 40
Fenster	36	Austausch	1,90	1,30	600	50	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,60	0,21	2.400	220	22
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>				<b>10.100</b>	<b>910</b>	<b>&gt; 40</b>

Im sanierten Zustand:





### 3.6.2 Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995)

Abbildung 17 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995).

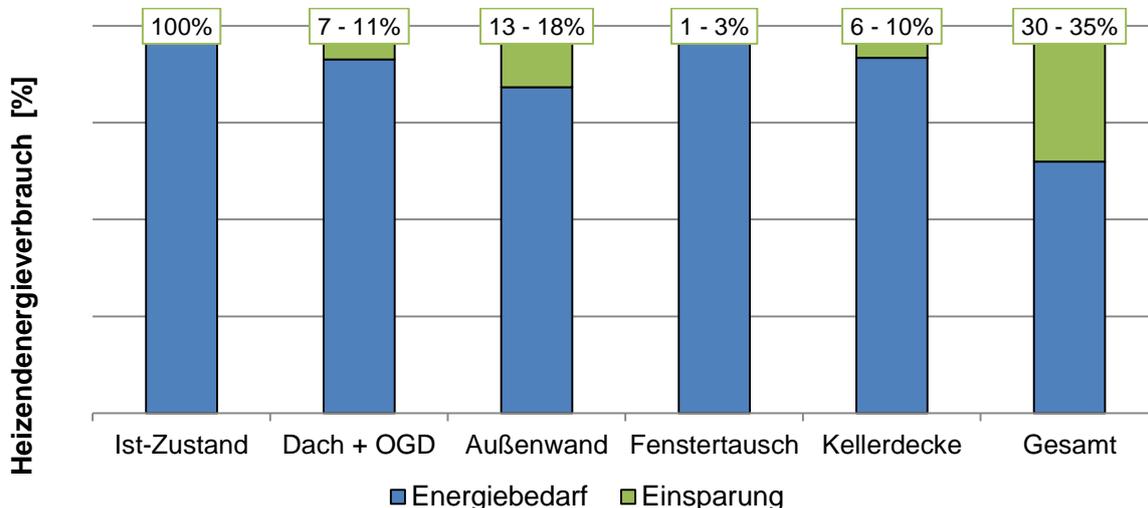
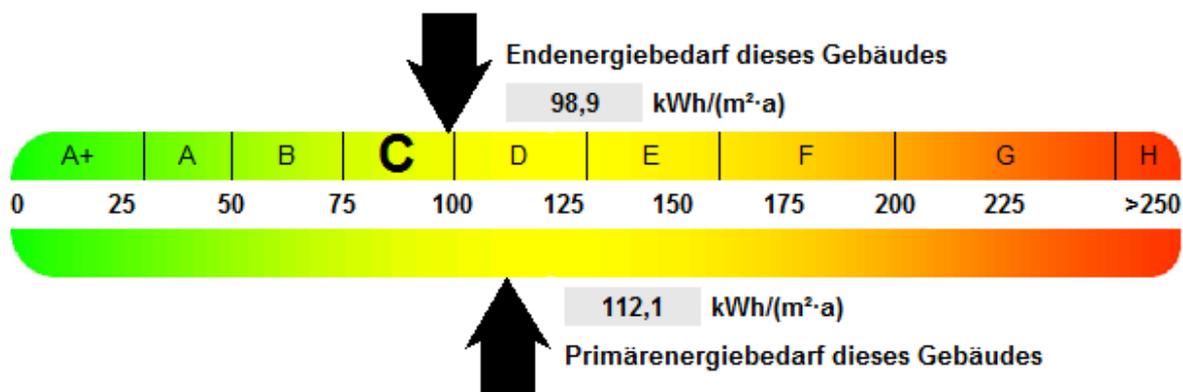


Abbildung 14: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse VI

Tabelle 14: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995)

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m <sup>2</sup> K]	U-Wert Saniert [W/m <sup>2</sup> K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,30	0,12	2.400	220	> 35
Außenwand	137	Dämmung	0,50	0,17	4.400	400	> 40
Fenster	34	Austausch	1,90	1,30	600	50	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,60	0,21	2.300	210	23
<b>Gesamt</b>	<b>434</b>				<b>9.700</b>	<b>880</b>	<b>&gt; 40</b>

Im sanierten Zustand:



## 4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Empfehlungen zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen werden entsprechend den sich jeweils ergebenden Amortisationszeiten in kurzfristige (unter 10 Jahre), in mittelfristige (zwischen 10 und 20 Jahre) und langfristige Maßnahmen (zwischen 20 und 30 Jahre) eingeteilt. Die Amortisationszeiten gelten für einen einwandfreien Zustand der jeweiligen Bauteile. Die Amortisationszeiten der Maßnahmen bei beschädigten Dämmungen oder undichten Fenstern liegen wesentlich niedriger. Die Ergebnisse der Sanierungsbetrachtung der vorgestellten Gebäudetypen in verschiedenen Baualtersklassen lassen für die Sanierungsmaßnahmen folgende Schlüsse zu:

### **Dämmung der obersten Geschossdecke (massive Bauweise bei Gebäudety 1)**

Bei den vor 1968 erstellten Gebäuden ist von einer kurzfristigen Amortisation auszugehen. Ab Baujahr 1969 ergeben sich schon langfristige Amortisationszeiten. Die Durchführung der Maßnahme wird deshalb vor allem für vor 1969 erstellte Gebäude empfohlen. Bei jüngeren Gebäuden ist es ratsam, einen Sachverständigen zu konsultieren.

### **Dämmung der Dachflächen und der in Holzbauweise erstellten obersten Geschossdecke (Gebäudety 2)**

Für bis 1968 erbaute Gebäude ergeben sich kurzfristige, für die zwischen 1969 und 1983 erstellten Gebäude mittelfristige Amortisationszeiten. Die Möglichkeit zur Durchführung der Maßnahme sollte deshalb für vor 1984 erstellte Gebäude überprüft werden.

### **Dämmung der Außenwände**

Die Maßnahme amortisiert sich bei bis zum Jahr 1978 erstellten Gebäuden in einem vertretbaren Rahmen. Die Montage eines Wärmedämmverbundsystems sollte deshalb bis zu Baualtersklasse III (1969 bis 1978) in Erwägung gezogen werden.

### **Fenstertausch**

Ein Austausch amortisiert sich bei einem einwandfreien Zustand der Bestandsfenster nur bei den einfach verglasten Holzfenstern der Baualtersklasse I. Haben die Bestandsfenster bis Baualtersklasse V (1984 bis 1994) einen Alu- oder Stahlrahmen, und somit einen mit  $4,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  weit höheren U-Wert als die hier angesetzten Fenster mit Holzrahmen, ist eher von einer Amortisationszeit in wirtschaftlichem Rahmen auszugehen.

Die Bestandsfenster eines Gebäudes sollten jedoch nicht allein über ihren U-Wert, sondern viel mehr nach ihrem Zustand in Bezug auf Dichtheit beurteilt werden. Bei undichten Fenstern sind die Amortisationszeiten kürzer als in den jeweiligen Tabellen angegeben.

Ferner ist vor allem bei bis zum Jahr 1968 erstellten Gebäuden darauf zu achten, dass bei einem Tausch der U-Wert des neuen Fensters den der Außenwand nicht unterschreitet. Deshalb sollte bei Gebäuden dieser Baualtersklasse bei einem Fenstertausch auch immer die Möglichkeit zur Montage eines Wärmedämmverbundsystems in Erwägung gezogen werden.

Nach einem Fenstertausch ist auf einen ausreichenden Luftwechsel zu achten. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann helfen, Schäden durch nicht ausreichendes Lüften zu vermeiden.

### **Dämmung der Kellerdecke**

Die Dämmung der Unterseiten der Decken von unbeheizten Kellerräumen stellt vor allem bei bis ins Jahr 1983 erbauten Wohngebäuden eine sinnvolle Möglichkeit zur Reduzierung des Heizenergieverbrauchs dar. Bei nach 1983 errichteten Gebäuden amortisiert sich die Maßnahme immer noch in einem langfristigen Rahmen von 20 bis 25 Jahren.

### **Heizungsanlage**

Generell sollten Heizkessel ab einem Alter von mehr als 20 Jahren ausgetauscht, die Heizungsanlage hydraulisch abgeglichen und Stufenpumpen ersetzt werden. Die Umstellung von Heizöl auf Erdgas sollte ab einem Heizölverbrauch von mehr als 2.000 Litern in Erwägung gezogen werden.

**Es wird weiterhin empfohlen, bei geplanten Sanierungsmaßnahmen einen Experten zu konsultieren. Die Energieberater der Stadtwerke Forchheim stehen Ihnen gerne zur Verfügung.**

## 5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Heizkosteneinsparung und Amortisationszeit der Netzanschlusskosten bei Umstellung von Heizöl auf Erdgas .....	12
<b>Tabelle 2: Die technischen Mindestanforderungen nach EnEV 2014 und KfW .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabelle 3: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse I (bis 1948). .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabelle 4: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse I (bis 1948). .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabelle 5: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968) .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabelle 6: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968) .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabelle 7: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978) .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabelle 8: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978) .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabelle 9: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983) .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabelle 10: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983) .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabelle 11: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994) .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabelle 12: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994) .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabelle 13: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse VI (ab 1995) .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabelle 14: Die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995) .....</b>	<b>27</b>

## 6 Abbildungsverzeichnis:

<b>Abbildung 1: Schnitt von Gebäudety 1 .....</b>	<b>5</b>
<b>Abbildung 2: Schnitt von Gebäudety 2 .....</b>	<b>6</b>
<b>Abbildung 3: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK I (bis 1948).....</b>	<b>16</b>
<b>Abbildung 4: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in BAK I (bis 1948).....</b>	<b>17</b>
<b>Abbildung 5: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK II (1949 bis 1968).....</b>	<b>18</b>
<b>Abbildung 6: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse II.....</b>	<b>19</b>
<b>Abbildung 7: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK III (1969 bis 1978) .....</b>	<b>20</b>
<b>Abbildung 8: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in BAK III (1969 bis 1978) .....</b>	<b>21</b>
<b>Abbildung 9: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK IV (1979 bis 1983) .....</b>	<b>22</b>
<b>Abbildung 10: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in BAK IV (1978 bis 1983) .....</b>	<b>23</b>
<b>Abbildung 11: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK V (1984 bis 1994) .....</b>	<b>24</b>
<b>Abbildung 12: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in BAK V (1984 bis 1994) .....</b>	<b>25</b>
<b>Abbildung 13: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in BAK VI (ab 1995).....</b>	<b>26</b>
<b>Abbildung 14: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI .....</b>	<b>27</b>