

Schwerpunktprojekt „Sanierung von Wohngebäuden“

Teilbericht 1:
Allgemeine Betrachtung typischer Bauformen in
verschiedenen Baualtersklassen

Erarbeitet im Rahmen des integrierten Energienutzungsplans
für die Stadt Forchheim

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	3
2	BESCHREIBUNG DER AUSGEWÄHLTEN GEBÄUDETYPEN UND ALLGEMEINE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN	4
2.1	ALLGEMEINE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN	4
2.2	BESCHREIBUNG DER BETRACHTETEN GEBÄUDETYPEN	6
2.2.1	GEBÄUDETYP 1: „ZWEI VOLLGESCHOSSE OHNE DACHAUSBAU“	6
2.2.2	GEBÄUDETYP 2: „EIN VOLLGESCHOSS UND DACHAUSBAU“	8
2.3	BESCHREIBUNG DER SANIERUNGSMÄßNAHMEN	10
2.3.1	SANIERUNGSMÄßNAHMEN AN DER GEBÄUDEHÜLLE	11
2.3.2	SANIERUNGSMÄßNAHMEN AN DER HEIZUNGSANLAGE	14
2.3.3	NICHT-INVESTIVE MÄßNAHMEN - NUTZERVERHALTEN	17
2.4	TECHNISCHE MINDESTANFORDERUNGEN UND MÖGLICHE FÖRDERUNGEN	18
3	ERMITTLUNG DER ENERGIEEINSPARPOTENTIALE UND WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG NACH BAUALTERSKLASSE	19
3.1	BAUALTERSKLASSE I: BAUJAHR BIS 1948	20
3.1.1	GEBÄUDETYP 1	21
3.1.2	GEBÄUDETYP 2	23
3.2	BAUALTERSKLASSE II: BAUJAHR 1949 BIS 1968	25
3.2.1	GEBÄUDETYP 1	26
3.2.2	GEBÄUDETYP 2	28
3.3	BAUALTERSKLASSE III: BAUJAHR 1969 BIS 1978	30
3.3.1	GEBÄUDETYP 1	31
3.3.2	GEBÄUDETYP 2	33
3.4	BAUALTERSKLASSE IV: BAUJAHR 1979 BIS 1983	35
3.4.1	GEBÄUDETYP 1	36
3.4.2	GEBÄUDETYP 2	38
3.5	BAUALTERSKLASSE V: BAUJAHR 1984 BIS 1994	40
3.5.1	GEBÄUDETYP 1	41
3.5.2	GEBÄUDETYP 2	43
3.6	BAUALTERSKLASSE VI: BAUJAHR AB 1995	45
3.6.1	GEBÄUDETYP 1	46
3.6.2	GEBÄUDETYP 2	48
4	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	50
5	TABELLENVERZEICHNIS	51
6	ABBILDUNGSVERZEICHNIS:	54

1 Einleitung

Im Rahmen der Erstellung des Energienutzungsplanes für die Stadt Forchheim wurde eine wirtschaftliche Betrachtung energetischer Sanierungen von Wohngebäuden 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.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Anzahl der Wohnungen im Stadtgebiet von Forchheim auf die verschiedenen Baualtersklassen.

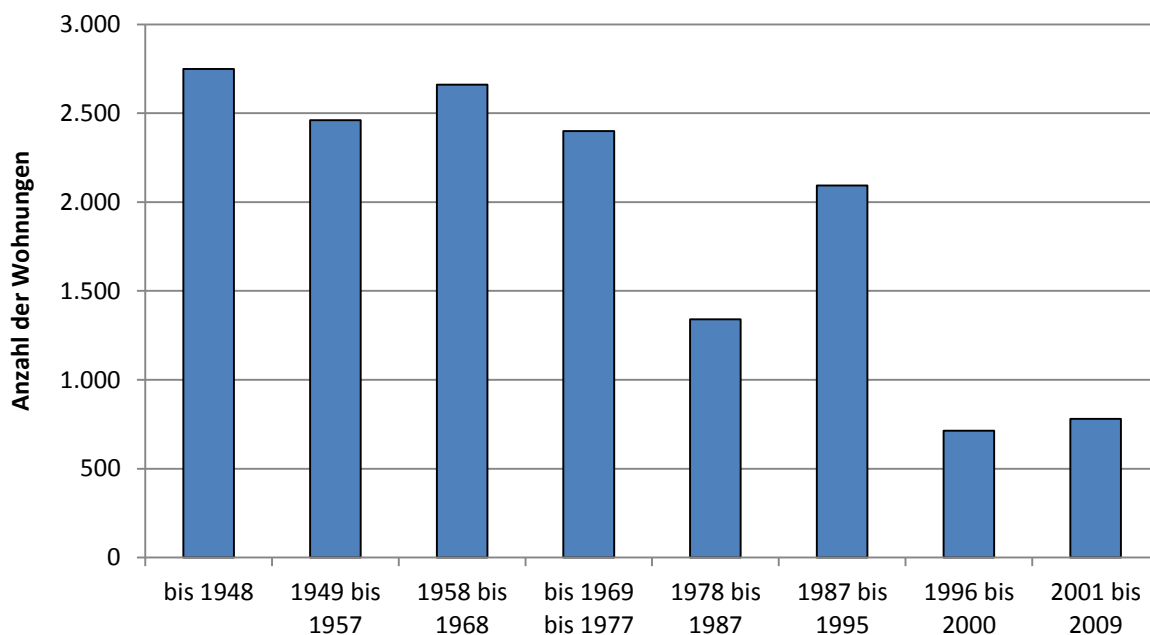


Abbildung 1: Die Aufteilung der Wohnungen im Stadtgebiet in Baualtersklassen

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, stammen rund 68 % des Wohnungsbestandes aus der Zeit vor 1977. Der Anteil der ab Mitte der 1980er Jahre errichteten Wohnungen beträgt ca. 25 %. Es ist davon auszugehen, dass Wohnungen ab der Mitte der 1980er Jahre nicht sanierungsrelevant sind. Somit liegen rund 75 % der Wohnungen im Stadtgebiet von Forchheim in einer sanierungsrelevanten Baualtersklasse.

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 (Leistungsverluste, Anlagenverluste, etc.). Bei Wohngebäuden setzt sich die thermische Nutzenergie aus dem Wärmebedarf für Warmwasser und Gebäudebeheizung zusammen.

Referenzklima:

Klimareferenzort:Deutschland
Norm-Außentemperatur ϑ_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 2** zeigt zur Übersicht einen Schnitt durch den als Referenz betrachteten Gebäudetyp 1. Rote Flächen kennzeichnen beheizte, violette Flächen unbeheizte Räume.

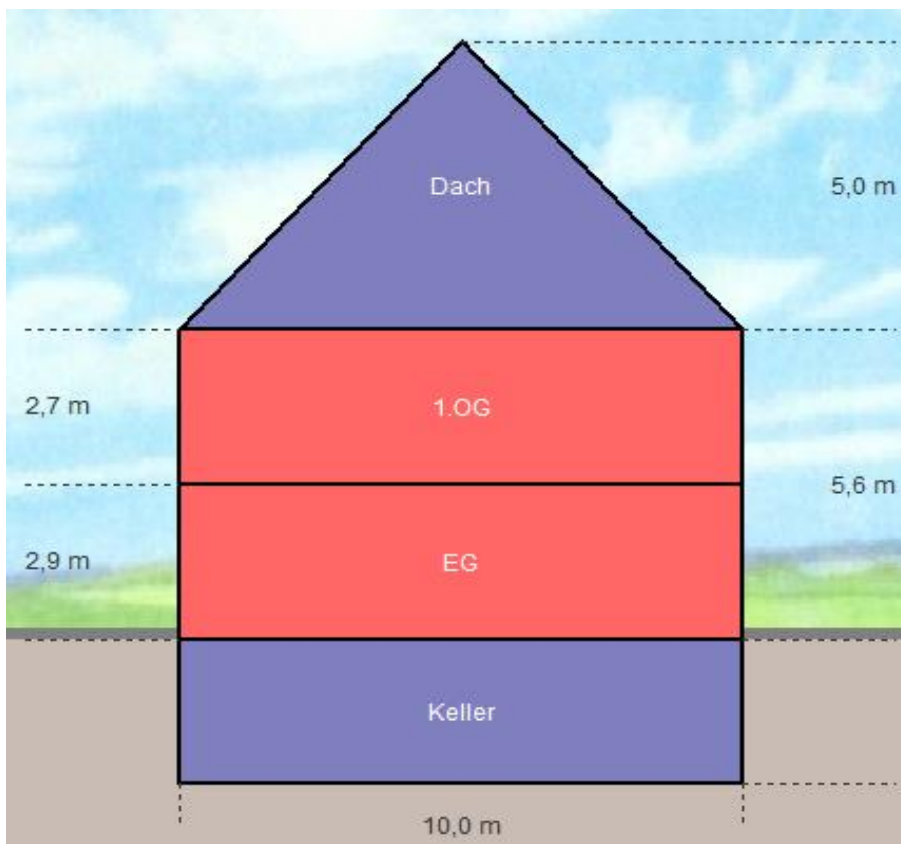


Abbildung 2: Schnitt von Gebäudetyp 1

Für Gebäudetyp 1 gelten folgende Annahmen:

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

Bauteile der thermisch wirksamen Gebäudehülle von Gebäudetyp 1:

Oberste Geschossdecke:	120 m ²
Außenwände:	210 m ²
Fenster:	36 m ²
Kellerdecke:.....	120 m ²

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 m²), mit einer angenommenen Neigung von 45°. Die Dachfenster (gesamt 4 m²) werden bei den Sanierungsbetrachtungen den Fensterflächen zugerechnet. In der Mitte schließt die als oberste Geschosdecke ausgeführte Zangenkonstruktion des Dachstuhls (ca. 55 m²) die thermische Hülle. **Abbildung 3** zeigt zur Übersicht einen Schnitt durch den als Referenz betrachteten Gebäudetyp 2. Rote Flächen kennzeichnen beheizte, violette Flächen unbeheizte Räume.

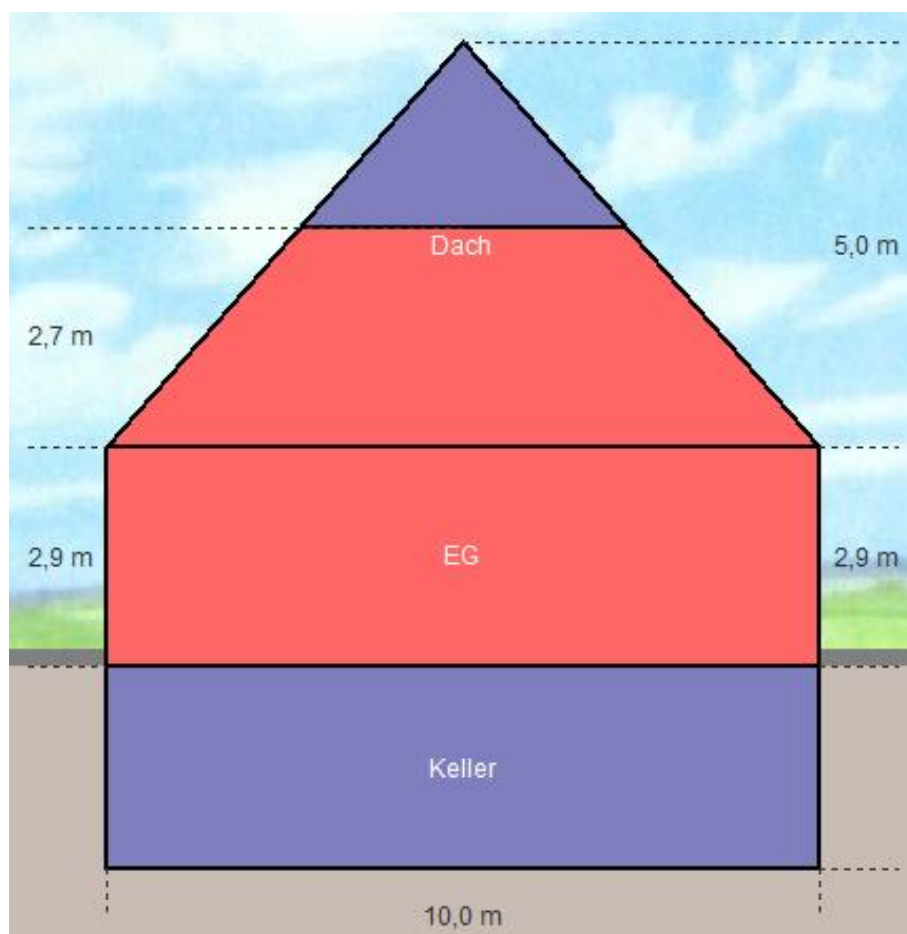


Abbildung 3: Schnitt von Gebäudetyp 2

Für Gebäudetyp 2 gelten folgende Annahmen:

Grundfläche (10m x 12m)	120 m ²
Lichte Raumhöhe:	2,50 m
Beheiztes Gebäudevolumen:.....	573 m ³
Beheiztes Luftvolumen:	435 m ³
Thermisch wirksame Hüllfläche:	434 m ²
Verhältnis Oberfläche zu Volumen:	0,76 1/m
Nutzfläche nach EnEV:.....	183 m ²
Wohnfläche:.....	ca. 153 m ²

Bauteile der thermisch wirksamen Gebäudehülle von Gebäudetyp 2:

Dach + oberste Geschossdecke:.....	143 m ²
Außenwände:	137 m ²
Fenster:	34 m ²
Kellerdecke:.....	120 m ²

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 035 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 €/m² bis 150 €/m²** inkl. Mehrwertsteuer. Für die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung anhand der Referenzgebäude werden für diese Maßnahme spezifische Bruttokosten in Höhe von **125 €/m²** angesetzt.

Investitionskosten bei Dämmung der gesamten Außenwandflächen:

Gebäudetyp 1 (210 m ²).....	ca. 26.300,- €
Gebäudetyp 2 (137m ²).....	ca. 17.100,- €

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 2009 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,- €/m²**. Für die wirtschaftliche Betrachtung der Sanierung der Referenzgebäude werden Investitionskosten von **400,- €/m²** inkl. Mehrwertsteuer angesetzt.

Investitionskosten bei Austausch aller Bestandsfenster:

Gebäudetyp 1 (36 m ²).....	14.400,- €
Gebäudetyp 2 (34 m ²).....	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 035) angenommen.

Die Kosten der für diese Sanierungsmaßnahme liegen, je nach Ausführungsart, im Bereich von **35,- bis 45,- €/m²**. Die spezifischen Kosten der Maßnahme werden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei **40,- €/m²** inkl. Mehrwertsteuer angesetzt.

Investitionskosten bei Dämmung der gesamten Kellerdecken:

Gebäudetyp 1 (120 m ²).....	4.800,- €
Gebäudetyp 2 (120 m ²).....	4.800,- €

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 035), 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,- €/m²**. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden für eine begehbare Dämmung Bruttokosten von **65,- €/m²** angesetzt, für eine nicht begehbare Dämmung **30,- €/m²**.

Investitionskosten bei Dämmung der obersten Geschossdecken:

Gebäudetyp 1: (120 m ² , begehbar)	ca. 7.800,- €
Gebäudetyp 2: (55 m ² , 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 035 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 €/m²**. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden Investitionskosten von **70,- €/m²** brutto angenommen.

Investitionskosten bei Dämmung aller thermisch wirksamen Dachflächen:

Gebäudetyp 1: kein thermisch wirksamer Flächenanteil

Gebäudetyp 2 (ca. 88 m²): ca. 6.200,- €

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.

Nutzung des (im Verbrennungsabgas enthaltenen) Brennwertes kann die die Effizienz der Wärmeerzeuger deutlich steigern. Voraussetzung für die maximale latente Wärmenutzung ist eine Unterschreitung des Abgastaupunktes um 15°C. (Der Taupunkt bei Erdgas liegt bei ungefähr 55°C und bei Heizöl bei 47°C.) Die niedrigen Rücklauftemperaturen setzen eine geeignete Anlagentechnik mit Wärmeübergabe

durch Flächenheizungen wie z.B. Fußboden- oder Wandheizung bzw. die entsprechende Dimensionierung der Heizkörper voraus. Bei Systemen mit Heizkörpern kommt es in den Wintermonaten, in denen hohe Heizleistungen notwendig sind zu deutlich höheren Rücklauftemperaturen, wodurch die Brennwerttechnik nur teilweise oder nicht genutzt werden kann. Um die Nutzung des Brennwertes sicher zu stellen sollten die Systemtemperaturen überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

Pumpen

Die Heizkreise eines Wohngebäudes 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. Dies hat zur Folge, dass der Pumpendruck erhöht wird (höhere Pumpenstufe, größere Pumpe). Die Folge falsch dimensionierter Pumpen sind Fließgeräusche, denen durch so genannte Überströmventile entgegengewirkt werden kann, d. h. überschüssige Energie wird vernichtet. Zudem steigt bei erhöhtem Druck die Rücklauftemperatur, wodurch der Brennwert (bei Brennwertheizungen) nicht genutzt werden kann. Um dieser Energievernichtung 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 Isolierung 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.

Die Thermostatventile an Heizkörpern sollten spätestens nach 15 Jahren erneuert werden. Das Einsparpotential bei Erneuerung nach 15 Jahren beträgt bis zu 15 %.

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 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 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 abrufbar.

Die im Rahmen dieses Konzeptes berechneten Energieeinsparpotentiale beziehen sich jeweils auf eine Sanierung, die mindestens die EnEV-Anforderungen erfüllt.

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 2009 und KfW

Bauteil	Mindestanforderungen an den U-Wert [W/(m ² *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 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). Für die Heizungsverteilung und die Wärmeübergabe in den Räumen wird jeweils ein der Baualtersklasse entsprechender Zustand angenommen. Die Warmwasserbereitung erfolgt über den Heizkessel (keine Zirkulationsleitung). Der angegebene End- und Primärenergiebedarf schließt somit den Warmwasserbedarf mit ein. 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.

3.1 Baualtersklasse I: Baujahr bis 1948

Private Wohngebäude aus dieser Bauzeit sind vor allem zweckorientiert erstellt worden. Geschossdecken wurden meist in Holzbauweise, Kellerdecken oft als Gewölbe- oder Kappendecke ausgeführt. Die Außenwände bestehen meist aus Vollziegelmauerwerk oder Fachwerk. Bei Fachwerkwänden liegt der U-Wert meist höher als bei den im Folgenden betrachteten massiven Wänden. Stammen die Fenster im Gebäude noch aus der Bauzeit sind diese einfach verglast. Oft wurden diese einfach verglasten Fenster jedoch im Laufe der Jahre gegen Verbund- oder Kastenfenster aus Holz ausgetauscht. Die möglichen Einsparungen bei einem Austausch der Fenster liegen dann eher im Bereich der nächsten Baualtersklasse.

Die technische Gebäudeausstattung spielte in dieser Bauzeit eine geringe Rolle. Die Gebäude wurden hauptsächlich raumweise über Einzelöfen beheizt. Eine zentrale Heizungsanlage und die Elektroinstallation wurden oft nachgerüstet. Heizkörper und Heizungsverteilung entsprechen deshalb meist nicht mehr dem heutigen Stand der Technik.

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 340 und 390 kWh/m²a. Für die betrachteten Referenzgebäude ergibt sich bei EnEV-Standardnutzerverhalten folgender Heizendenergieverbrauch:

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

Für die Baualtersklasse I werden folgende U-Werte angenommen:

Oberste Geschossdecke (massiv):	2,10 W/m ² K
Oberste Geschossdecke (Holzbauweise):	0,80 W/m ² K
Dachflächen (Holzkonstruktion):	1,40 W/m ² K
Außenwände (massiv):	1,70 W/m ² K
Fenster (einfach verglast):	5,00 W/m ² K
Kellerdecke (massiv):	1,20 W/m ² K

3.1.1 Gebäudetypp 1 in Baualtersklasse I (bis 1948)

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

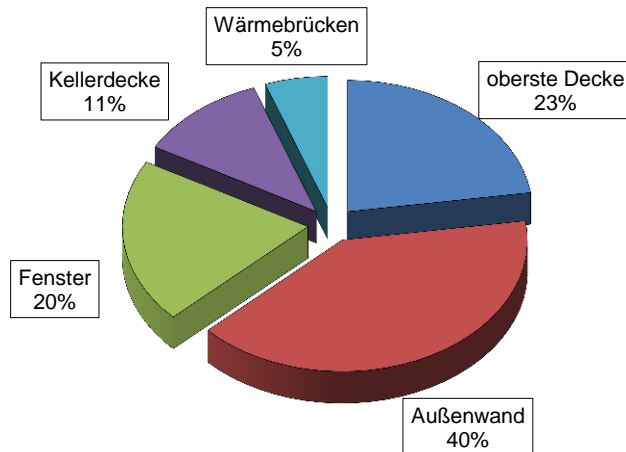


Abbildung 4: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetypp 1 (bis 1948)

Abbildung 5 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetypp 1 in Baualtersklasse I (bis 1948).

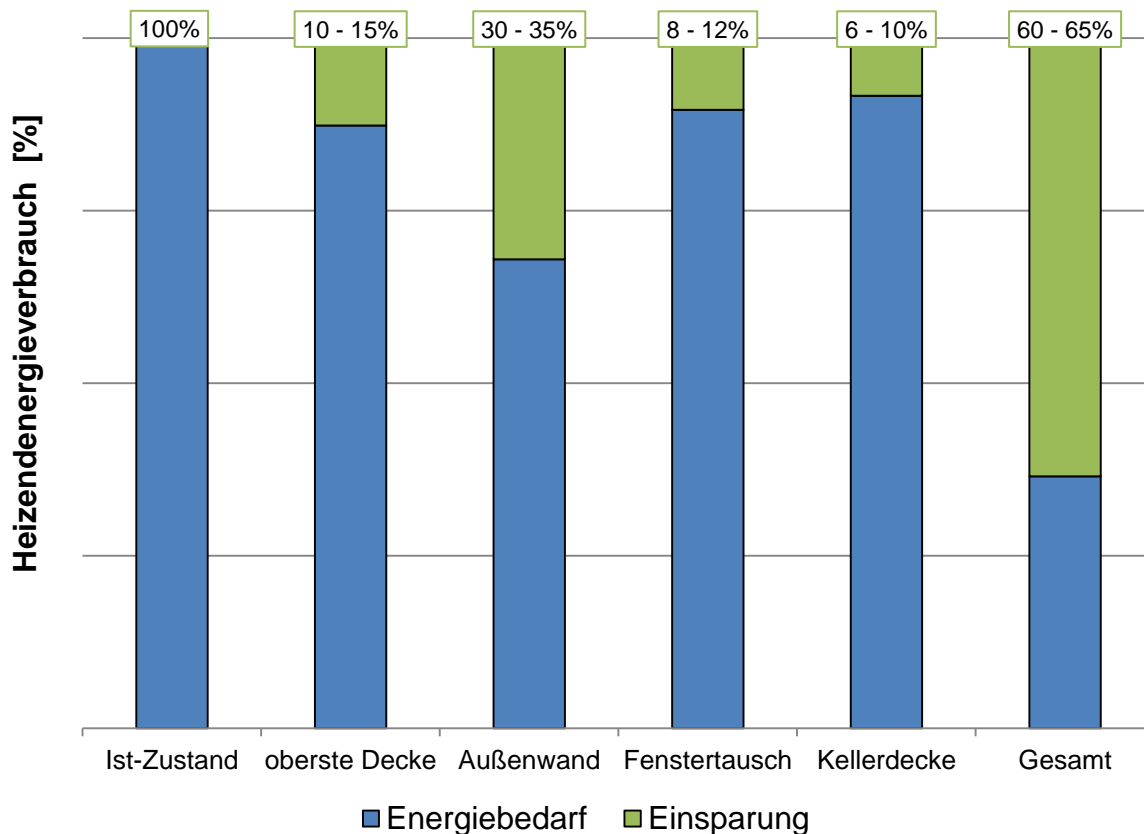


Abbildung 5: Die Einsparpotentiale für Gebäudetypp 1 in Baualtersklasse I (bis 1948).

Tabelle 3 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 1 in Baualtersklasse I (bis 1948).

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

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m ² K]	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	2,10	0,16	9.300	840	9
Außenwand	210	Dämmung	1,70	0,19	24.700	2.220	13
Fenster	36	Austausch	5,00	1,30	10.400	940	16
Kellerdecke	120	Dämmung	1,20	0,23	5.900	530	10
Gesamt	486				50.300	4.530	13

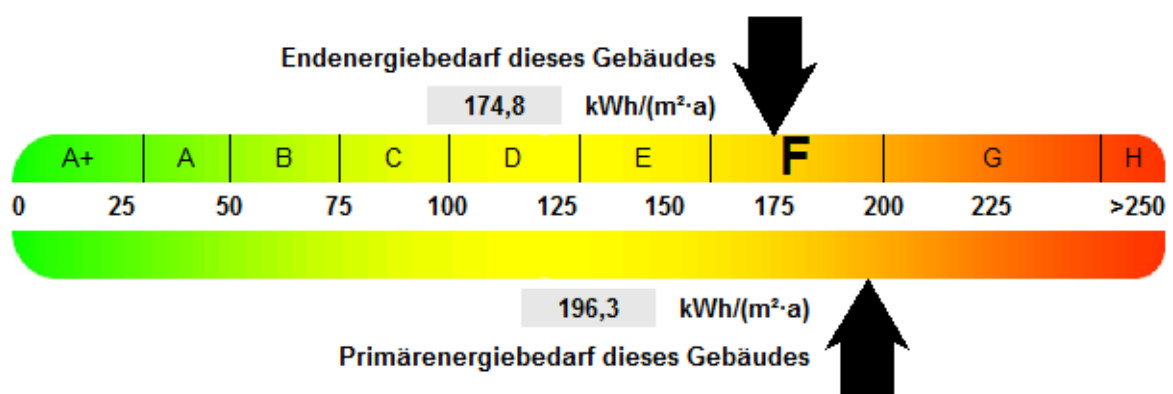
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 366,7 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 409,4 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 91 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Die obigen Werte gelten für eine Gesamtanierung der Hüllfläche. Der CO₂ –Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 44 kg/m²a.

3.1.2 Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse I (bis 1948)

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

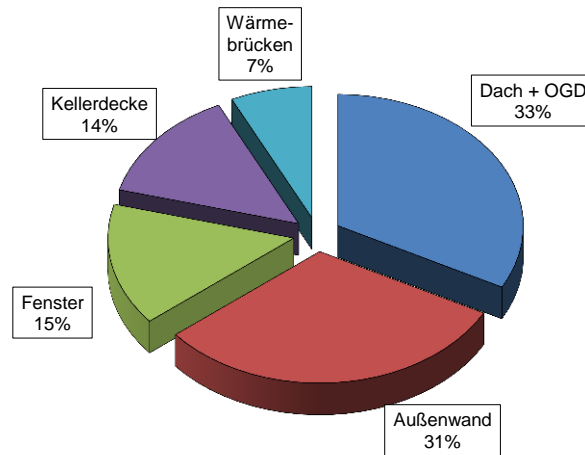


Abbildung 6: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyp 2 (bis 1948)

Abbildung 7 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse I (bis 1948).

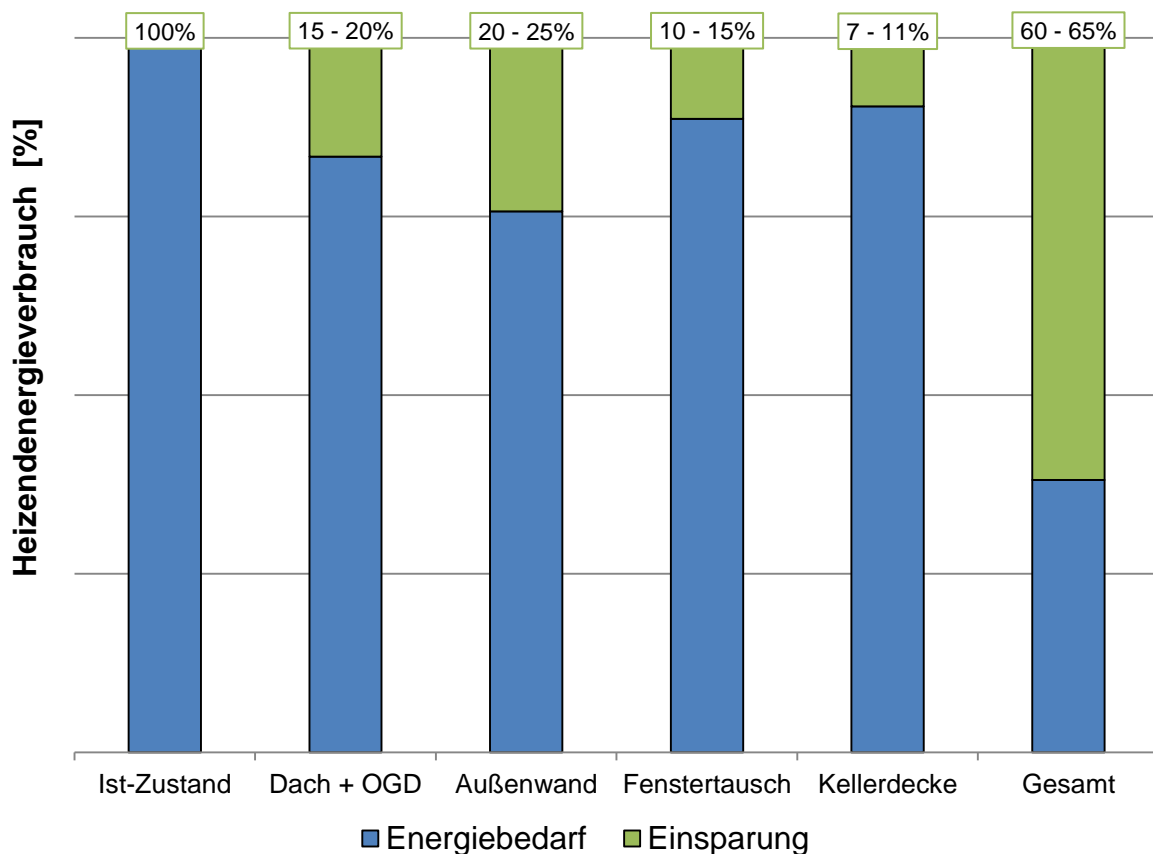


Abbildung 7: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse I

Tabelle 4 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 2 in Baualtersklasse I (bis 1948).

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

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m ² K]	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	1,40	0,17	10.700	960	9
Außenwand	137	Dämmung	1,70	0,22	16.000	1.440	13
Fenster	34	Austausch	5,00	1,30	9.700	880	17
Kellerdecke	120	Dämmung	1,20	0,26	5.800	520	10
Gesamt	434				42.200	3.800	12

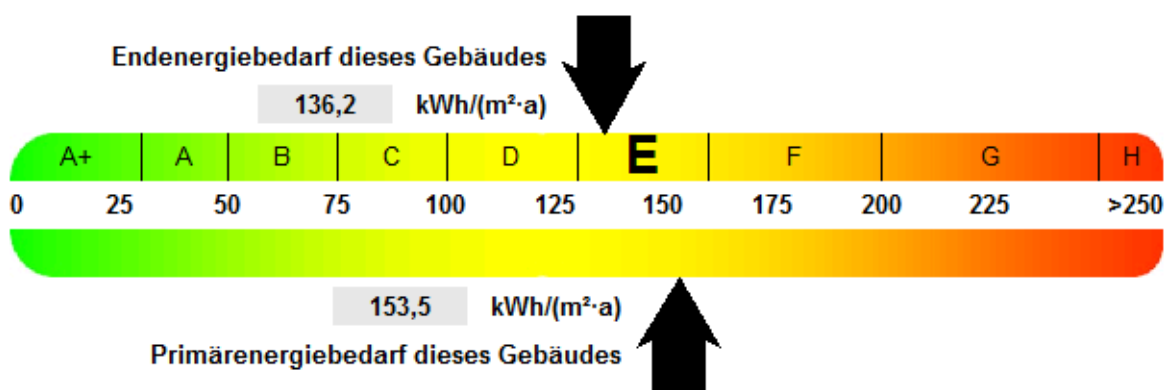
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 370,8 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 414,1 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 92 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Die obigen Werte gelten für eine Gesamtanierung der Hüllfläche. Der CO₂ –Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 34 kg/m²a.

3.2 Baualtersklasse II: Baujahr 1949 bis 1968

Der Beginn dieser Baualtersklasse war geprägt von der Nachkriegszeit und der damals herrschenden Wohnungsnot. Die Ansprüche waren bescheiden und Baumaterial war knapp. Die Baustoffe wurden deshalb nicht nach ihren physikalischen Eigenschaften ausgewählt, sondern eher nach ihrer Verfügbarkeit. Ab den 1960er Jahren setzte ein Boom im Wohnungsbau ein. Die Ansprüche an die Wohnqualität stiegen und es wurde verstärkt Beton als Baustoff eingesetzt, vor allem bei den Geschossdecken. Neben der Ausführung als Vollziegelmauerwerk wurden die Außenwände nun vermehrt aus Lochziegeln oder Hohlblocksteinen und in höheren Wandstärken erstellt. Die Fenster in dieser Baualtersklasse sind meist als Kasten- oder Verbundfenster mit Holzrahmen ausgeführt.

Die raumweise Beheizung über Einzelöfen wird immer mehr durch den Einbau von zentralen Heizungsanlagen ersetzt. Als Brennstoff kam hauptsächlich Heizöl zum Einsatz. Heizkessel, Umwälzpumpen und Heizkörper wurden meist überdimensioniert.

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 280 und 330 kWh/m²a. Für die betrachteten Referenzgebäude ergibt sich bei EnEV-Standardnutzerverhalten folgender Heizendenergieverbrauch:

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

Für die Baualtersklasse II werden folgende U-Werte angenommen:

Oberste Geschossdecke (massiv):	2,10 W/m ² K
Oberste Geschossdecke (Holzbauweise):	0,80 W/m ² K
Dachflächen (Holzkonstruktion):	1,40 W/m ² K
Außenwände (massiv):	1,40 W/m ² K
Fenster (zweifach verglast):	2,70 W/m ² K
Kellerdecke (massiv):	1,00 W/m ² K

3.2.1 Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968)

Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

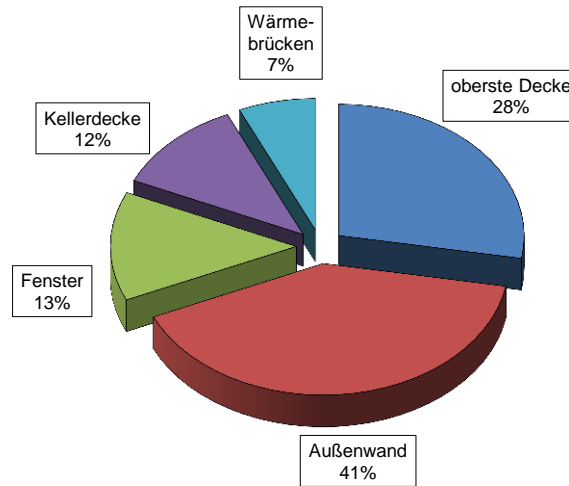


Abbildung 8: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyp 1 (1949 bis 1968)

Abbildung 9 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968).

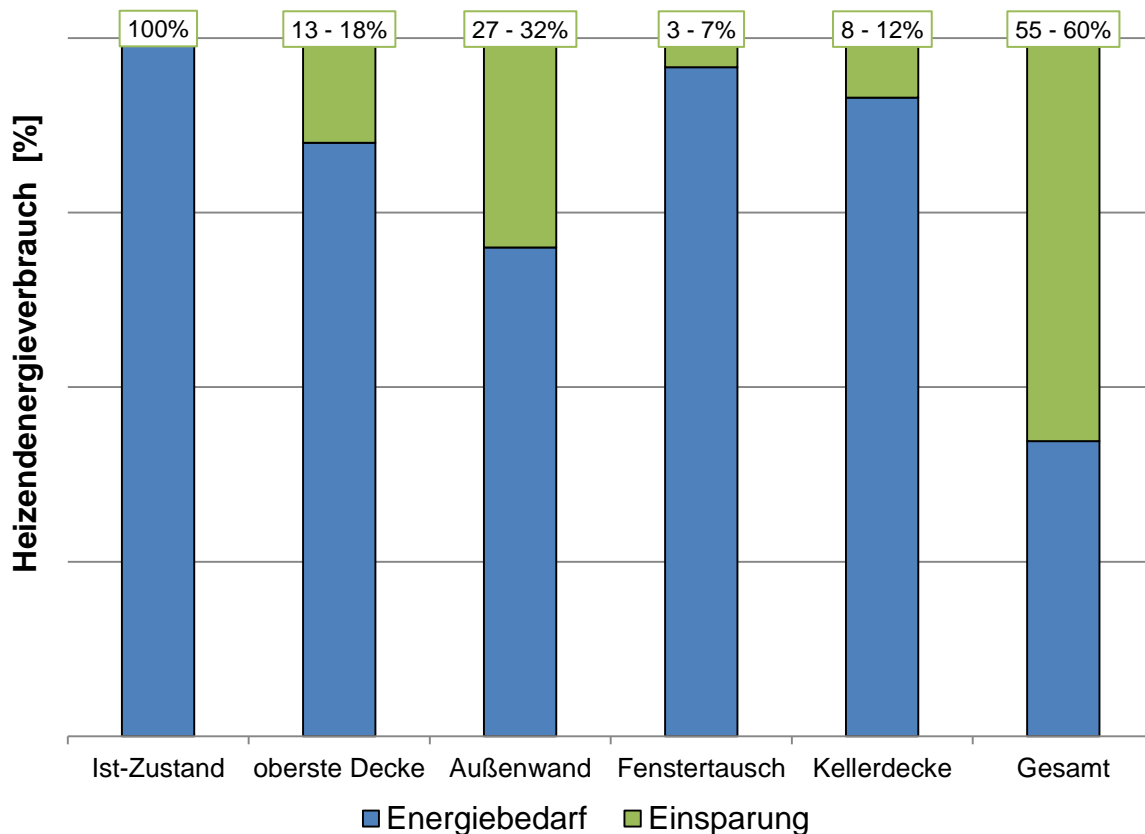


Abbildung 9: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse II

Tabelle 5 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968).

Tabelle 5: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968)

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m ² K]	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	2,10	0,16	9.300	800	10
Außenwand	210	Dämmung	1,40	0,19	20.000	1.800	16
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	4.100	400	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	1,00	0,23	4.800	400	12
Gesamt	486				38.200	3.400	16

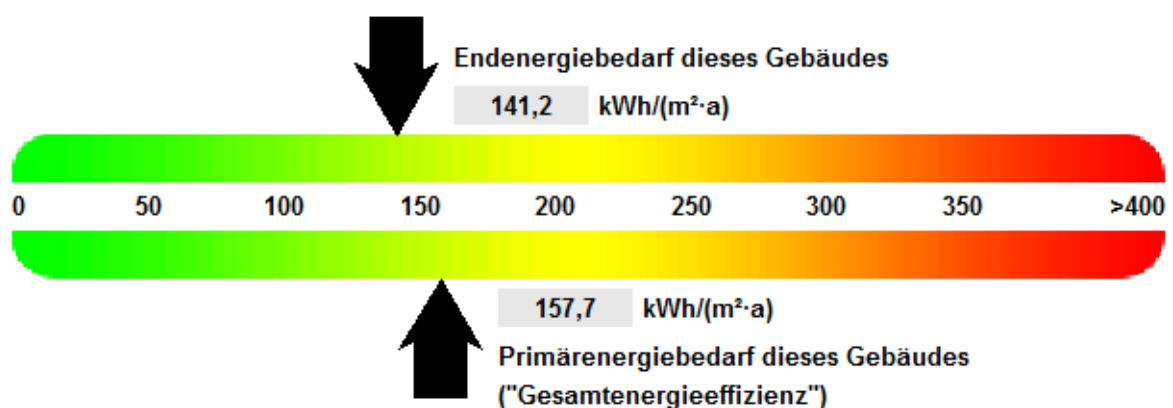
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 310,1 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 346,8 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 77 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 35 kg/m²a.

3.2.2 Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968)

Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

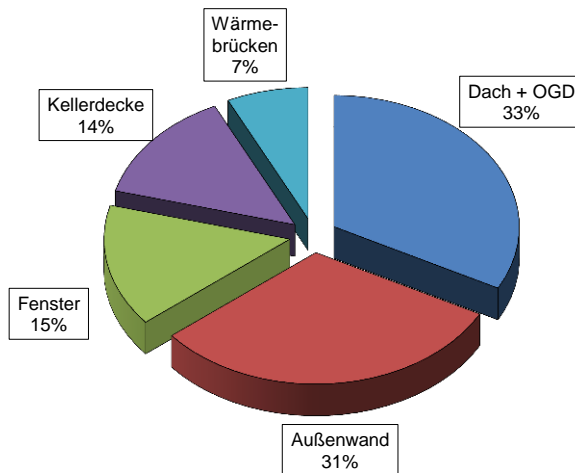


Abbildung 10: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyp 2 (1949 bis 1968)

Abbildung 11 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968).

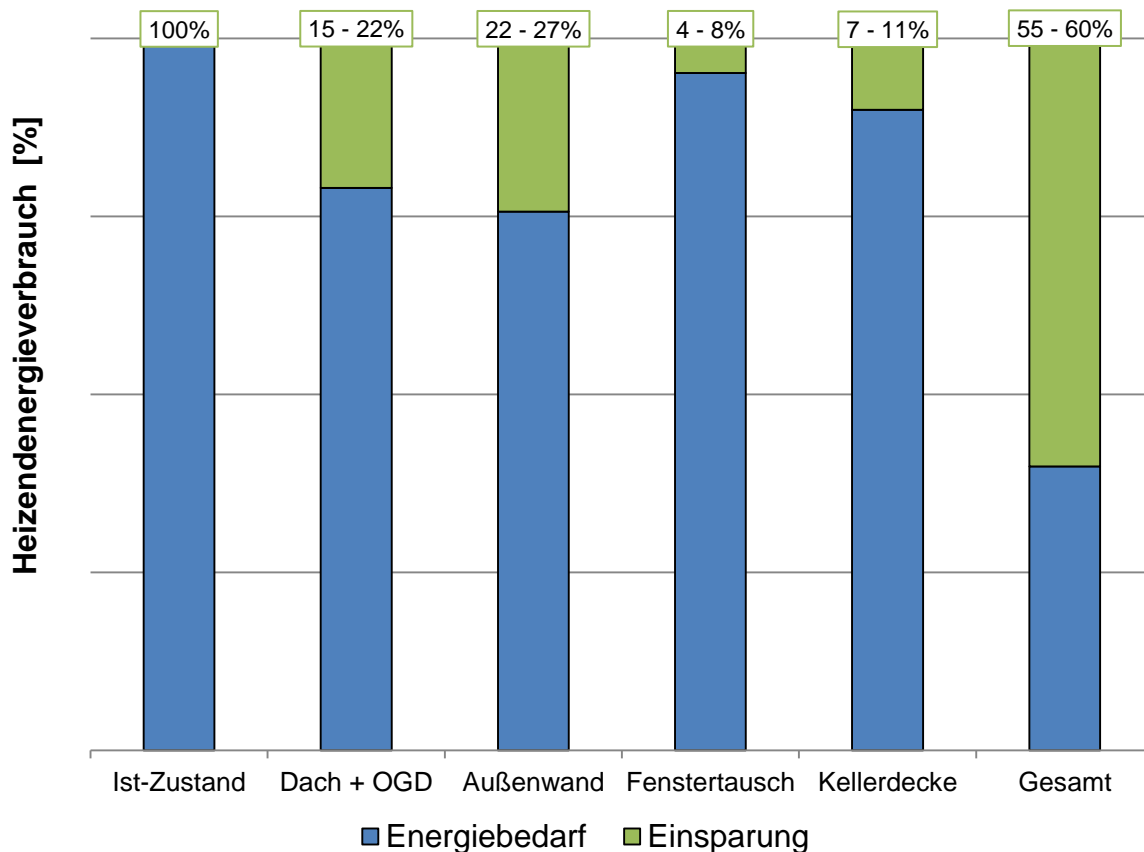


Abbildung 11: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse II

Tabelle 6 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1948).

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

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	Vollkosten Sanierung [€]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,16	10.600	950	7.800	9
Außenwand	137	Dämmung	0,19	13.000	1.170	17.100	16
Fenster	34	Austausch	1,30	3.800	340	13.600	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,23	4.800	430	4.800	12
Gesamt	434			32.200	2.890	43.300	16

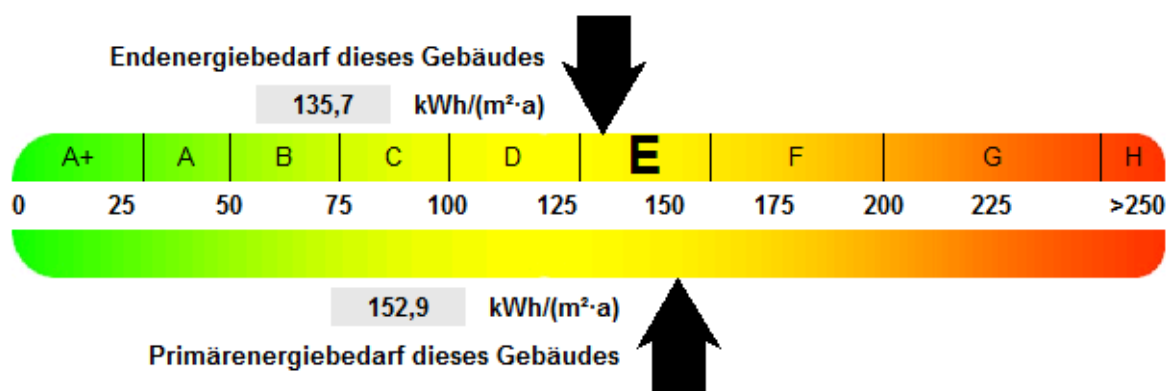
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 314,8 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 353,2 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 79 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 34 kg/m²a.

3.3 Baualtersklasse III: Baujahr 1969 bis 1978

Die Mindestanforderungen an Wärme- und Schallschutz waren in dieser Zeit noch sehr gering. Allerdings wurde unabhängig von Wärmeschutzverordnungen zu Beginn der 70er Jahre zunehmend auf eine wärmedämmende Bauweise geachtet. Im Jahr 1974 gab es wegen der Ölkrise erstmals ergänzende Bestimmungen zum Wärmeschutz. Seitdem war ein 24 cm starkes Mauerwerk aus Vollziegeln beispielsweise nicht mehr zulässig. Im Fensterbau kam vermehrt Isolierverglasung zum Einsatz. Die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz wurden in der im Jahr 1977 verabschiedeten 1. Wärmeschutzverordnung festgelegt. Das Jahr 1978 ist somit in Bezug auf die energetische Qualität der Gebäudehülle als eine Art Übergangsjahr anzusehen.

Die raumweise Beheizung über Einzelöfen wurde ab dieser Bauzeit nahezu vollständig von zentralen Heizungsanlagen ersetzt. Anlagenteile wie Kessel, Umwälzpumpen oder Heizkörper sind, wie in der vorigen Baualtersklasse, häufig überdimensioniert.

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 230 und 280 kWh/m²a. Für die betrachteten Referenzgebäude ergibt sich bei EnEV-Standardnutzerverhalten folgender Heizendenergieverbrauch:

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

Für die Baualtersklasse III werden folgende U-Werte angenommen:

Oberste Geschossdecke (massiv):	0,60 W/m ² K
Oberste Geschossdecke (Holzbauweise):	0,60 W/m ² K
Dachflächen (Holzkonstruktion):	0,80 W/m ² K
Außenwände (massiv):	1,00 W/m ² K
Fenster (zweifach verglast):	2,70 W/m ² K
Kellerdecke (massiv):	1,00 W/m ² K

3.3.1 Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978)

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

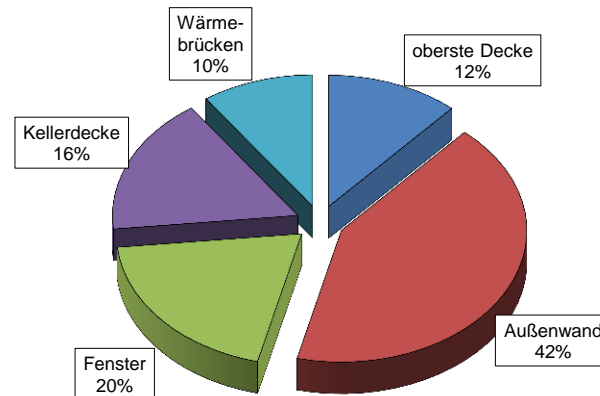


Abbildung 12: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyp 1 (1969 bis 1978)

Abbildung 13 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).

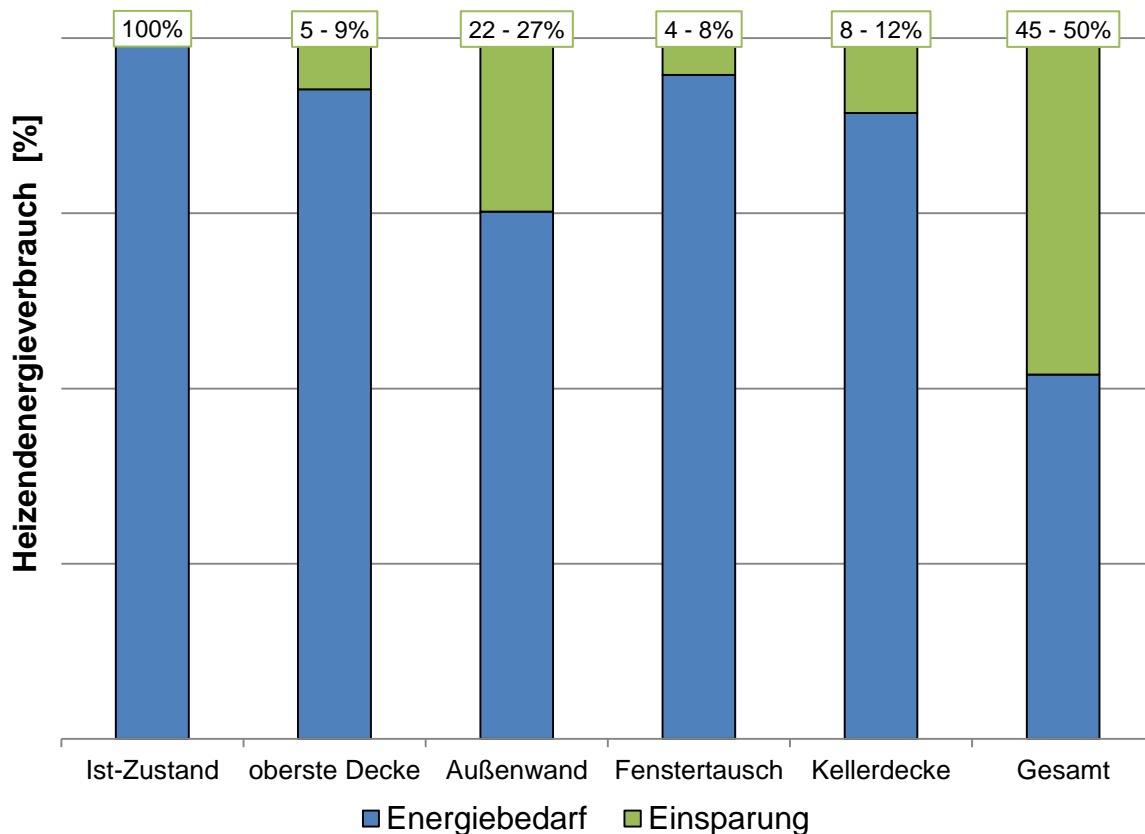


Abbildung 13: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse III

Tabelle 7 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).

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

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m ² K]	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,60	0,14	3.600	320	25
Außenwand	210	Dämmung	1,00	0,18	13.900	1.250	22
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	4.100	370	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	1,00	0,23	4.800	430	12
Gesamt	486				26.400	2.370	22

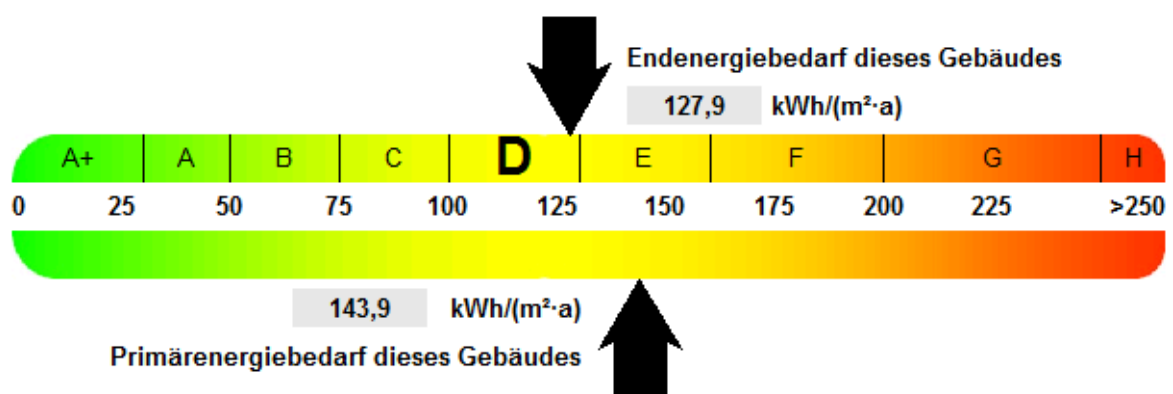
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 247,7 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 127,9 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 62 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 32 kg/m²a.

3.3.2 Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978)

Abbildung 14 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

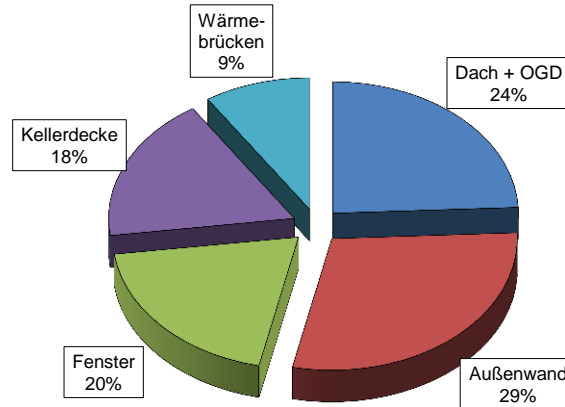


Abbildung 14: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyp 2 (1969 bis 1978)

Abbildung 15 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).

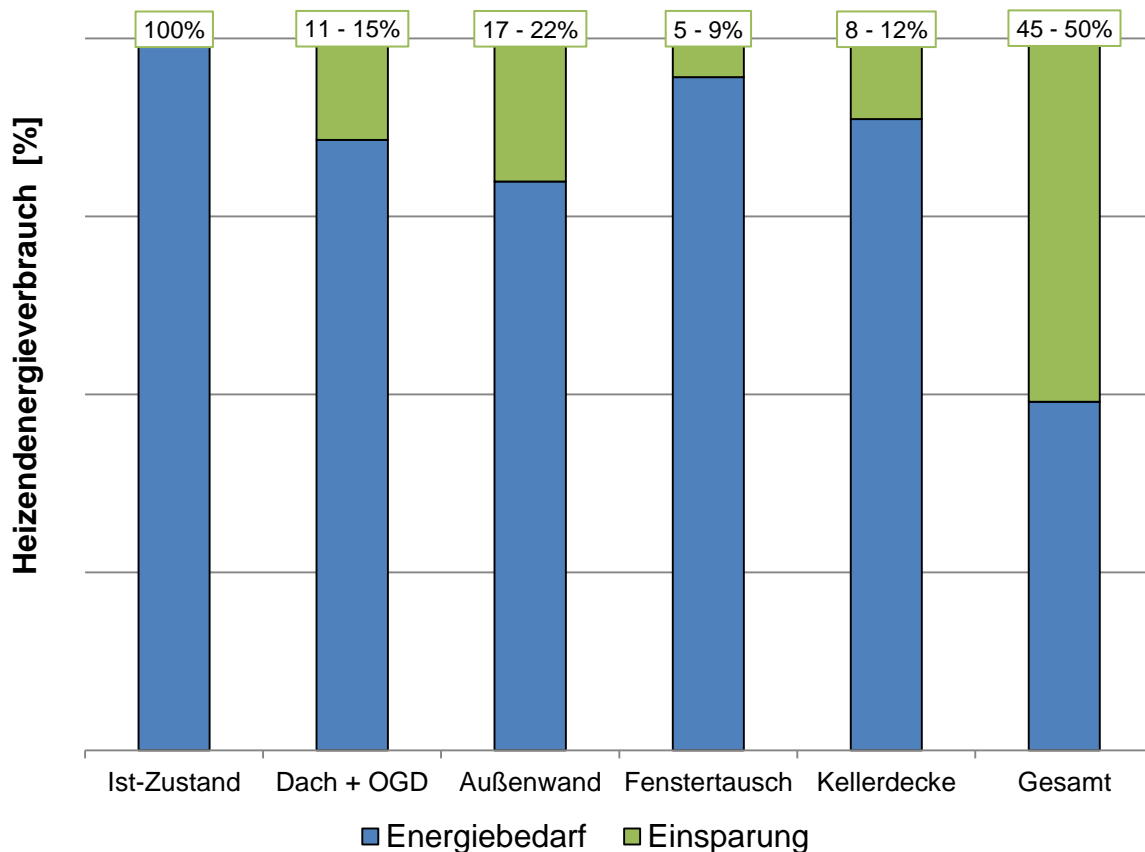


Abbildung 15: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse III

Tabelle 8 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).

Tabelle 8: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudetyp 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978)

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	Vollkosten Sanierung [€]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,15	6.200	560	7.800	15
Außenwand	137	Dämmung	0,18	9.000	810	17.100	22
Fenster	34	Austausch	1,30	3.800	340	13.600	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,23	4.700	420	4.800	12
Gesamt	434			23.700	2.130	43.300	21

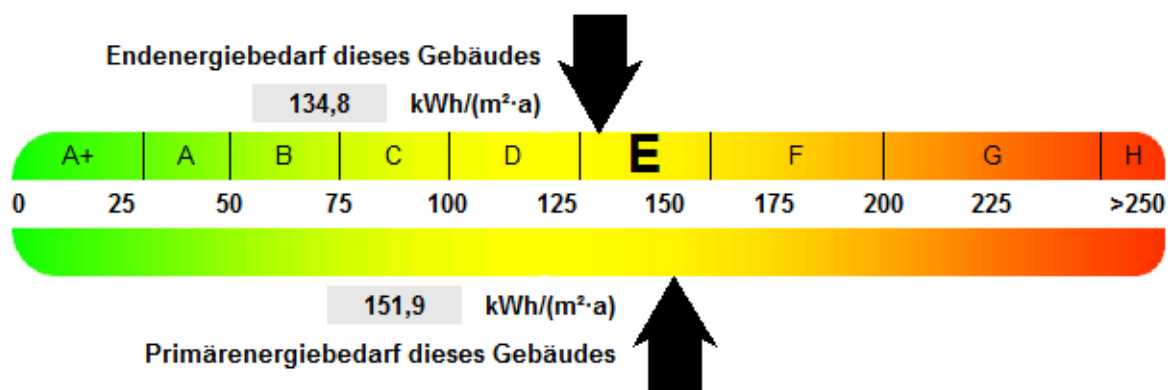
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 260,8 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 292,5 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 65 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 34 kg/m²a.

3.4 Baualtersklasse IV: Baujahr 1979 bis 1983

Diese Baualtersklasse ist als eine Übergangszeit zwischen 1. und 2. Wärmeschutzverordnung zu betrachten. In der Wärmeschutzverordnung aus dem Jahr 1977 wurden erstmals verbindliche und nachweispflichtige Mindestanforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten (damals k-Wert, heute U-Wert) gestellt. Die Mindestanforderungen waren an das Verhältnis von Gebäudehüllfläche zu Gebäudevolumen (A/V-Verhältnis) gebunden. Je niedriger dieses Verhältnis, desto geringer waren die Anforderungen an die U-Werte der Bauteile.

Die Zentralheizung ist mittlerweile Stand der Technik. Überdimensionierte Anlagen werden hauptsächlich aufgrund der Heizanlagenverordnung von 1978 immer seltener.

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 190 und 240 kWh/m²a. Für die betrachteten Referenzgebäude ergibt sich bei EnEV-Standardnutzerverhalten folgender Heizendenergieverbrauch:

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

Für die Baualtersklasse IV werden folgende U-Werte angenommen:

Oberste Geschossdecke (massiv):	0,50 W/m ² K
Oberste Geschossdecke (Holzbauweise):	0,40 W/m ² K
Dachflächen (Holzkonstruktion):	0,50 W/m ² K
Außenwände (massiv):	0,80 W/m ² K
Fenster (Isolierverglasung):	2,70 W/m ² K
Kellerdecke (massiv):	0,80 W/m ² K

3.4.1 Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983)

Abbildung 16 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

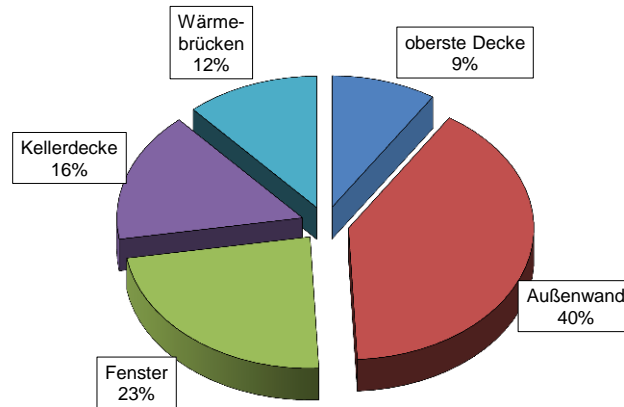


Abbildung 16: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyp 1 (1979 bis 1983)

Abbildung 17 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).

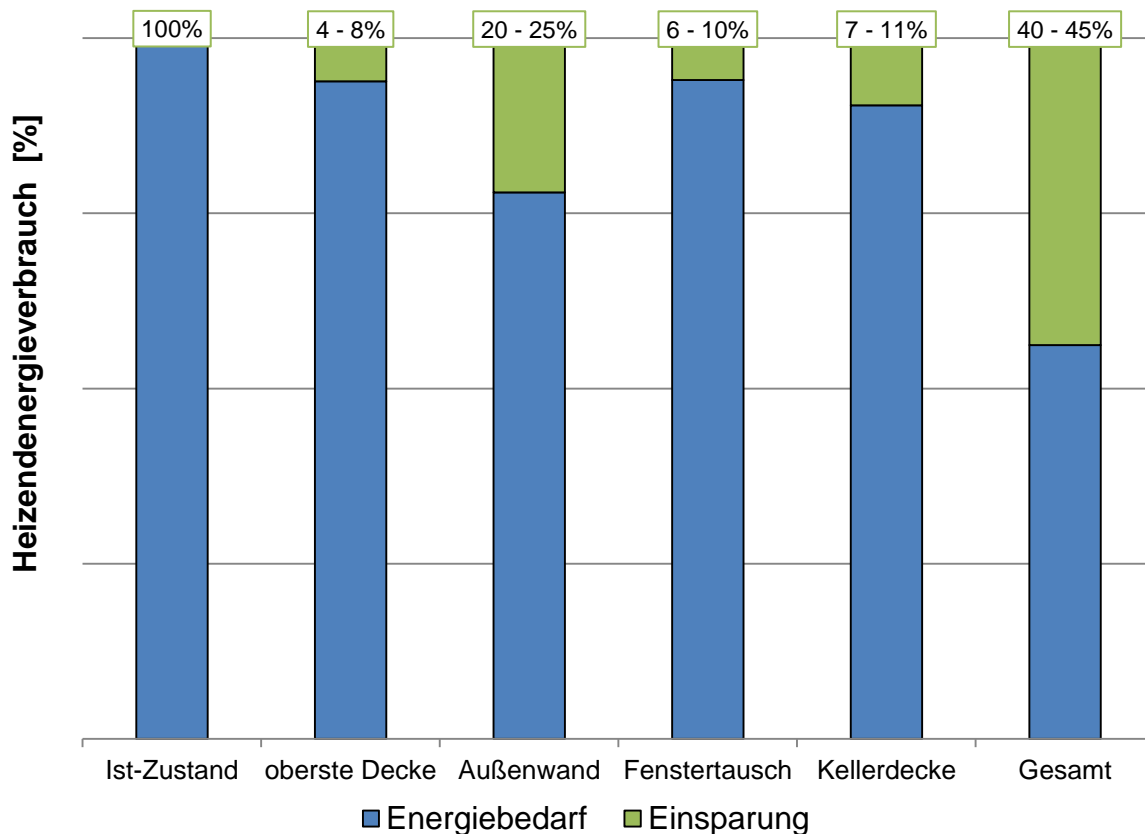


Abbildung 17: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse IV

Tabelle 9 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).

Tabelle 9: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983)

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m ² K]	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,40	0,12	2.200	200	> 35
Außenwand	210	Dämmung	0,80	0,17	10.800	970	28
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	4.100	370	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,80	0,21	3.800	340	15
Gesamt	486				20.900	1.880	29

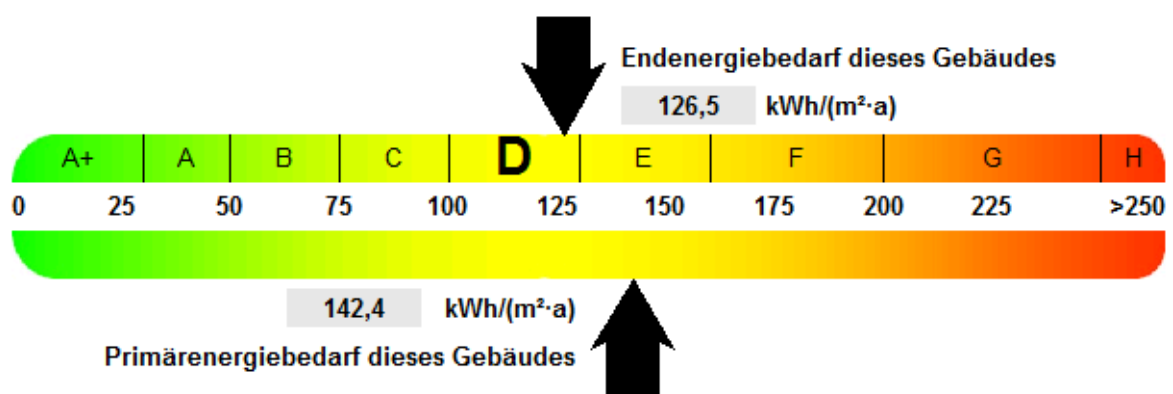
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 217,7 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 244,3 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 55 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 32 kg/m²a.

3.4.2 Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983)

Abbildung 18 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

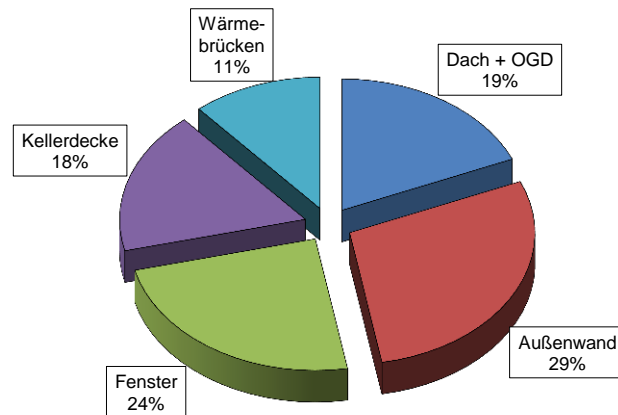


Abbildung 18: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (1979 bis 1983)

Abbildung 19 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).

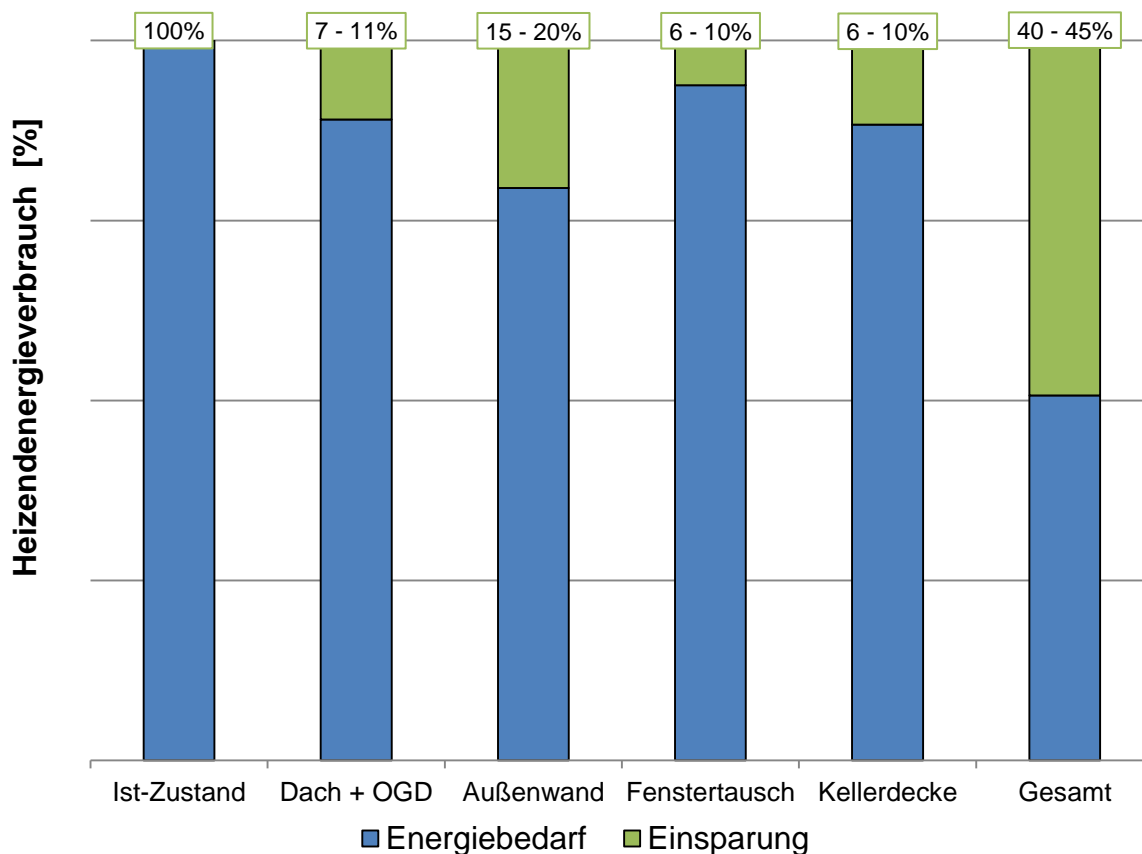


Abbildung 19: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV

Tabelle 10 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).

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

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	Vollkosten Sanierung [€]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,14	4.000	360	7.800	22
Außenwand	137	Dämmung	0,17	7.000	630	17.100	27
Fenster	34	Austausch	1,30	3.800	340	13.600	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,21	3.700	340	4.800	14
Gesamt	434			18.500	1.670	43.300	26

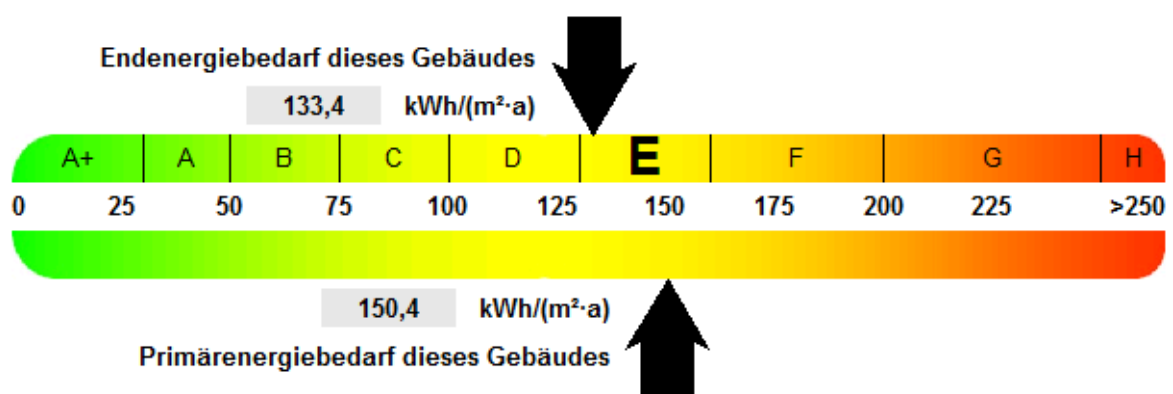
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 229,0 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 257,1 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 57 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 34 kg/m²a.

3.5 Baualtersklasse V: Baujahr 1984 bis 1994

Diese Baualtersklasse ist von der im Jahr 1982 verabschiedeten und 1984 in Kraft getretenen Wärmeschutzverordnung geprägt. Die Mindestanforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle wurden im Vergleich zur vorigen Verordnung weiter erhöht. In dieser Bauzeit erstellte Gebäude erfüllen die Mindestanforderungen dieser Verordnung.

Die Zentralheizungen werden mit immer effektiveren Heizkesseln ausgestattet und die Dämmstärken an den Verteilungsleitungen werden erhöht. Zur Wärmeübergabe werden ab dieser Zeit vermehrt Flächenheizungen, wie z.B. Fußbodenheizungen eingebaut. Für die in dieser Bauzeit eingebauten Heizungsanlagen ergeben sich ansonsten keine großen Unterschiede zur vorigen Baualtersklasse.

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 170 und 220 kWh/m²a. Für die betrachteten Referenzgebäude ergibt sich bei EnEV-Standardnutzerverhalten folgender Heizendenergieverbrauch:

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

Für die Baualtersklasse V werden folgende U-Werte angenommen:

Oberste Geschossdecke (massiv):	0,40 W/m ² K
Oberste Geschossdecke (Holzbauweise):	0,30 W/m ² K
Dachflächen (Holzkonstruktion):	0,40 W/m ² K
Außenwände (massiv):	0,60 W/m ² K
Fenster (Isolierverglasung):	2,70 W/m ² K
Kellerdecke (massiv):	0,60 W/m ² K

3.5.1 Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994)

Abbildung 20 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

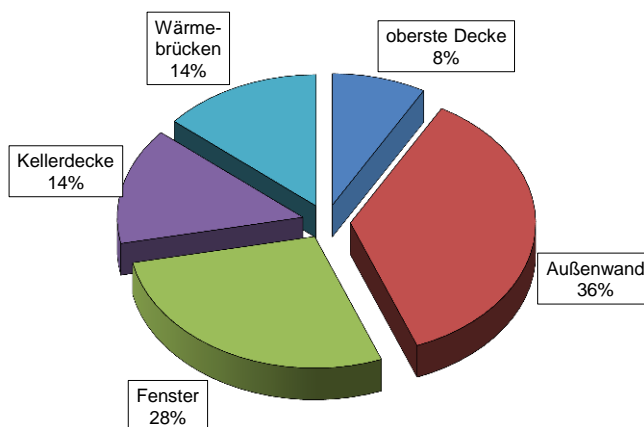


Abbildung 20: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyp 1 (1984 bis 1994)

Abbildung 21 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).

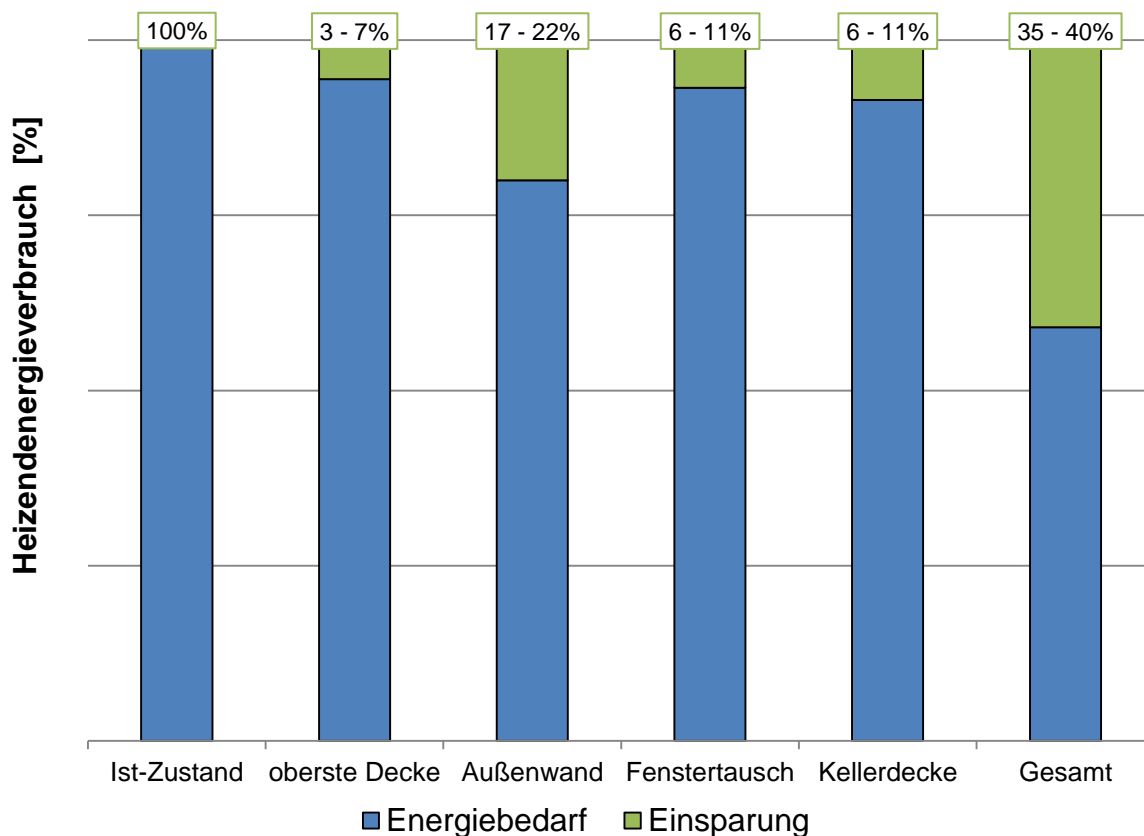


Abbildung 21: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse V

Tabelle 11 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).

Tabelle 11: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudetyp 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994)

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m ² K]	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,30	0,11	1.600	140	> 35
Außenwand	210	Dämmung	0,60	0,16	7.700	690	> 35
Fenster	36	Austausch	2,70	1,30	4.100	370	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,60	0,20	2.600	240	18
Gesamt	486				16.000	1.440	> 40

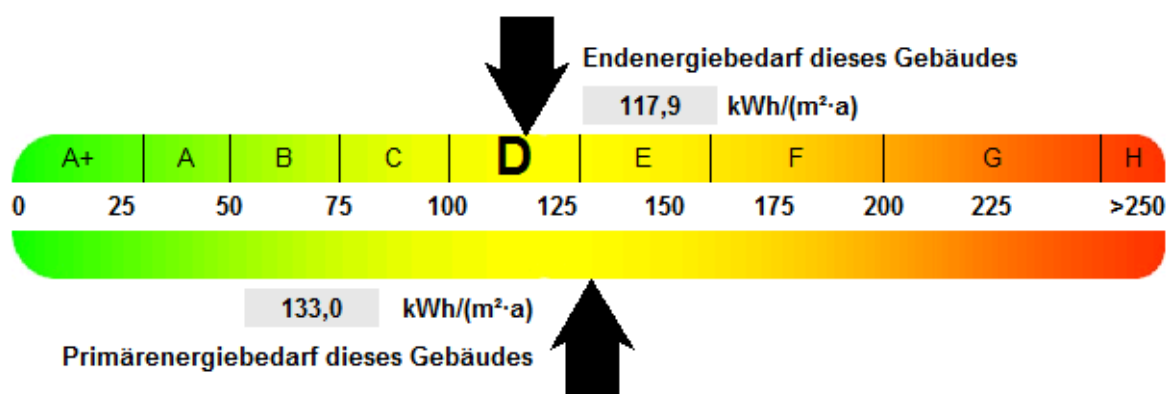
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 190,5 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 214,4 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 48 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 30 kg/m²a.

3.5.2 Gebäudetyt 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994)

Abbildung 22 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

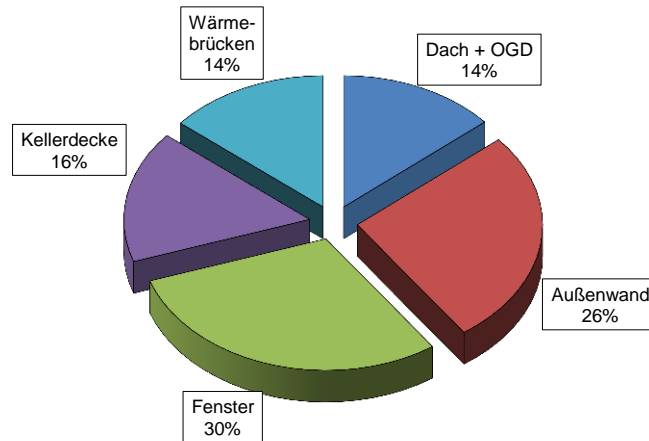


Abbildung 22: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyt 2 (1984 bis 1994)

Abbildung 23 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyt 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).

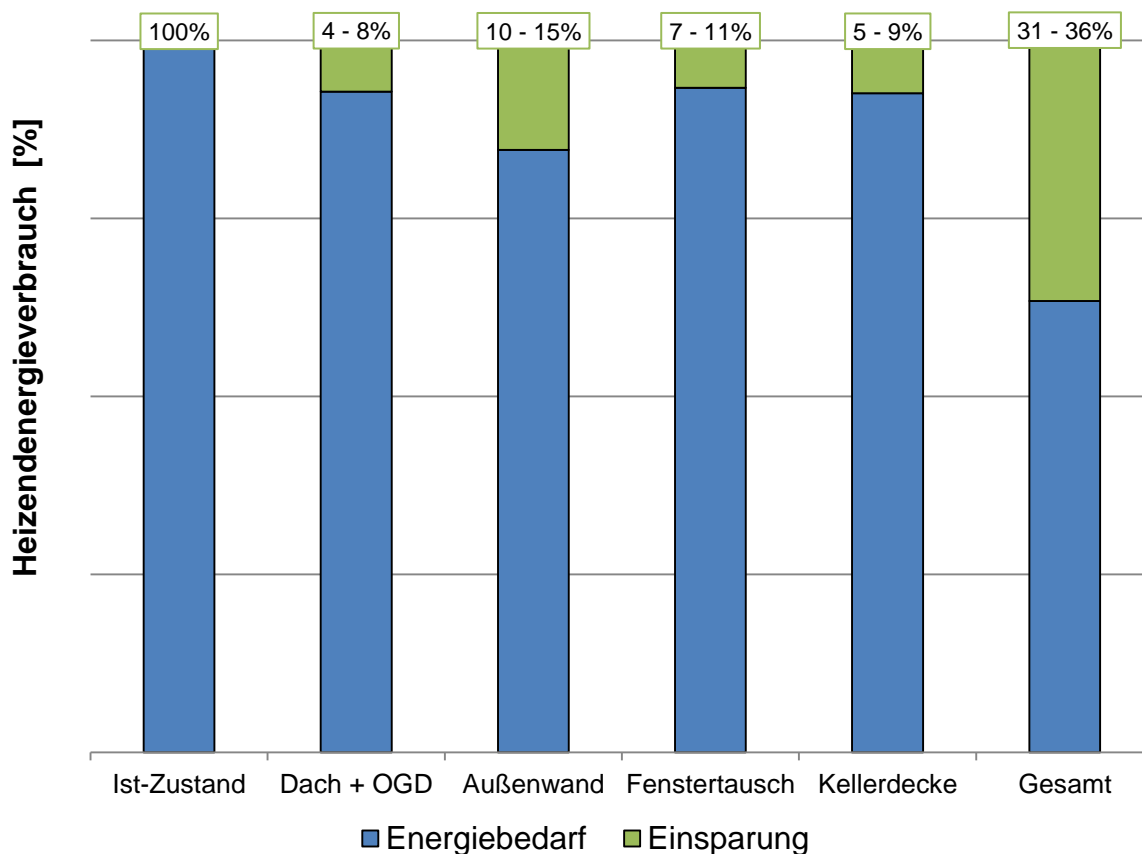


Abbildung 23: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyt 2 in Baualtersklasse V

Tabelle 12 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).

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

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	Vollkosten Sanierung [€]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,12	2.700	250	7.800	> 30
Außenwand	137	Dämmung	0,16	5.000	450	17.100	> 35
Fenster	34	Austausch	1,30	3.800	340	13.600	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,20	2.600	240	4.800	21
Gesamt	434			14.100	1.280	43.300	> 30

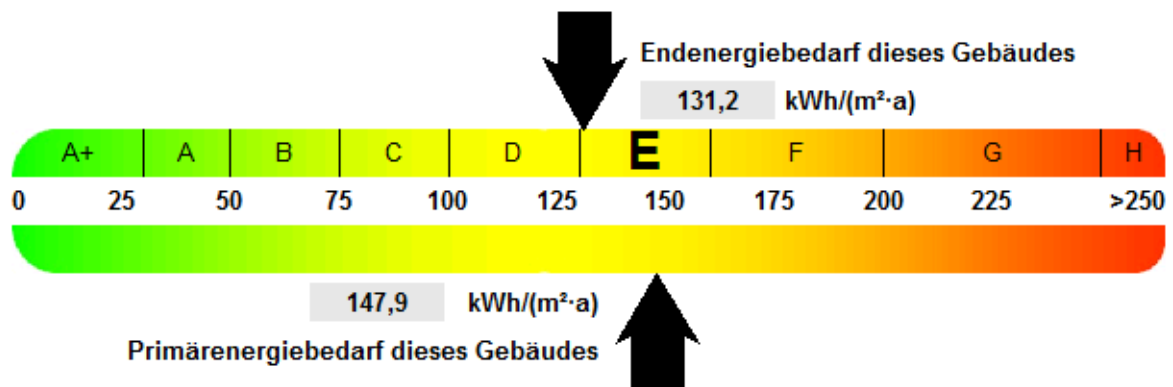
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 199,8 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 224,8 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 50 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 33 kg/m²a.

3.6 Baualtersklasse VI: Baujahr ab 1995

Mit Hinblick auf das Kyoto-Abkommen und der eingegangenen Verpflichtung zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen wurde im Jahr 1994 eine weitere Wärmeschutzverordnung verabschiedet. Diese trat 1995 in Kraft. Sämtliche in dieser Zeit erstellten Gebäude erfüllen die Mindestanforderungen dieser Verordnung.

Die Heiztechnik aus dieser Zeit weist keine wesentlichen Unterschiede zur vorigen Baualtersklasse. Der Anteil an Gebäuden mit Fußbodenheizungen nimmt in dieser Bauzeit weiter zu.

Der spezifische Heizendenergieverbrauch dieser Baualtersklasse beträgt durchschnittlich zwischen 120 und 150 kWh/m²a. Für die betrachteten Referenzgebäude ergibt sich bei EnEV-Standardnutzerverhalten folgender Heizendenergieverbrauch:

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

Für die Baualtersklasse VI werden folgende U-Werte angenommen:

Oberste Geschossdecke (massiv):	0,30 W/m ² K
Oberste Geschossdecke (Holzbauweise):	0,30 W/m ² K
Dachflächen (Holzkonstruktion):	0,30 W/m ² K
Außenwände (massiv):	0,50 W/m ² K
Fenster (Wärmeschutzverglasung):	1,90 W/m ² K
Kellerdecke (massiv):	0,60 W/m ² K

3.6.1 Gebäudetyt 1 in Baualtersklasse VI (ab 1994)

Abbildung 24 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

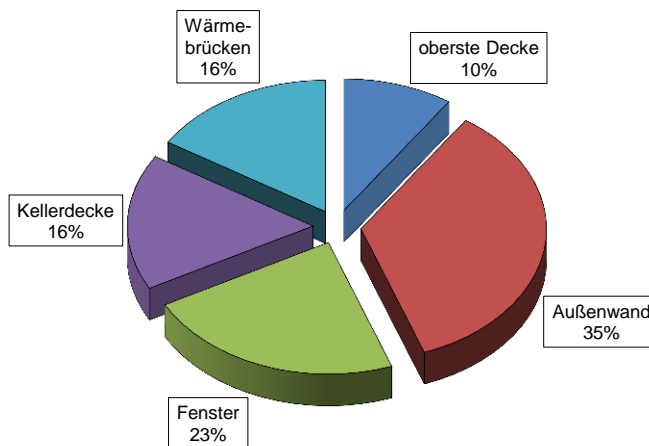


Abbildung 24: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudetyt 1 (ab 1995)

Abbildung 25 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudetyt 1 in Baualtersklasse VI (ab 1995).

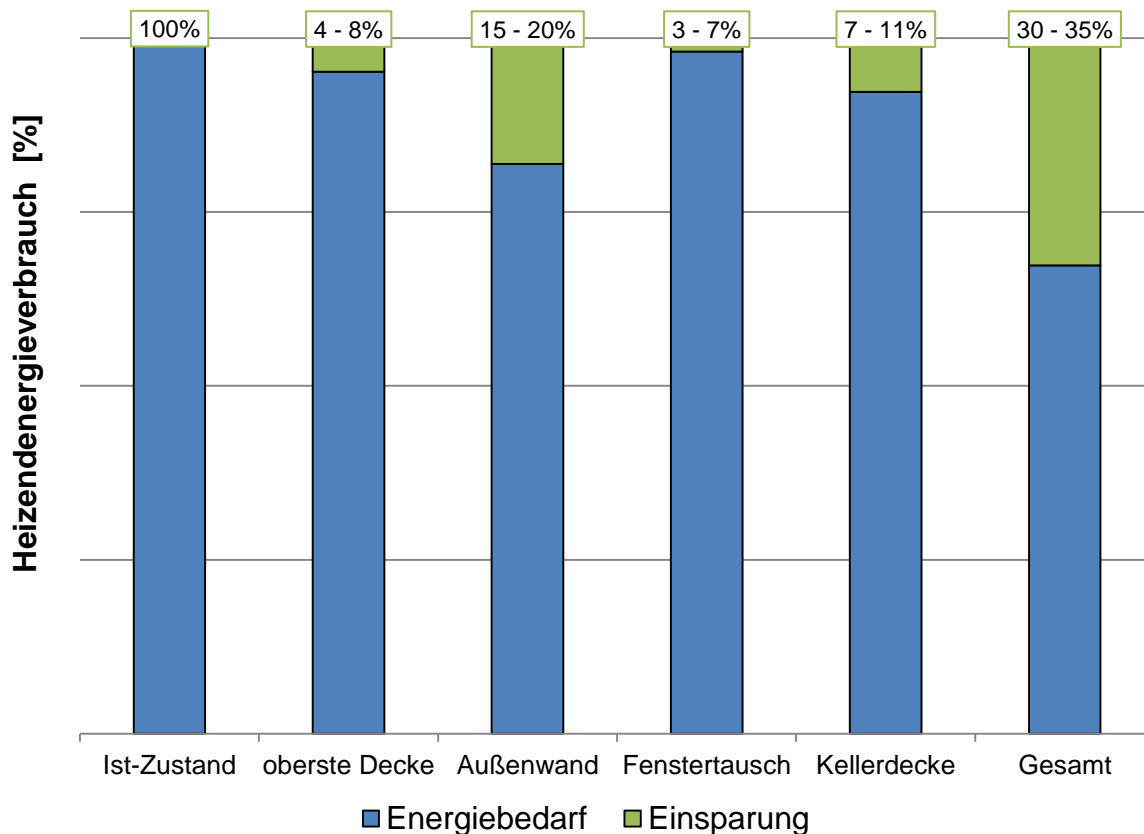


Abbildung 25: Die Einsparpotentiale für Gebäudetyt 1 in Baualtersklasse VI

Tabelle 13 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 1 in Baualtersklasse VI (ab 1995).

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

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Ist [W/m ² K]	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	statische Amortisation [a]
oberste Decke	120	Dämmung	0,30	0,11	1.600	140	> 40
Außenwand	210	Dämmung	0,50	0,15	6.100	550	> 40
Fenster	36	Austausch	1,90	1,30	1.900	170	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,60	0,20	2.600	240	21
Gesamt	486				12.200	1.100	> 40

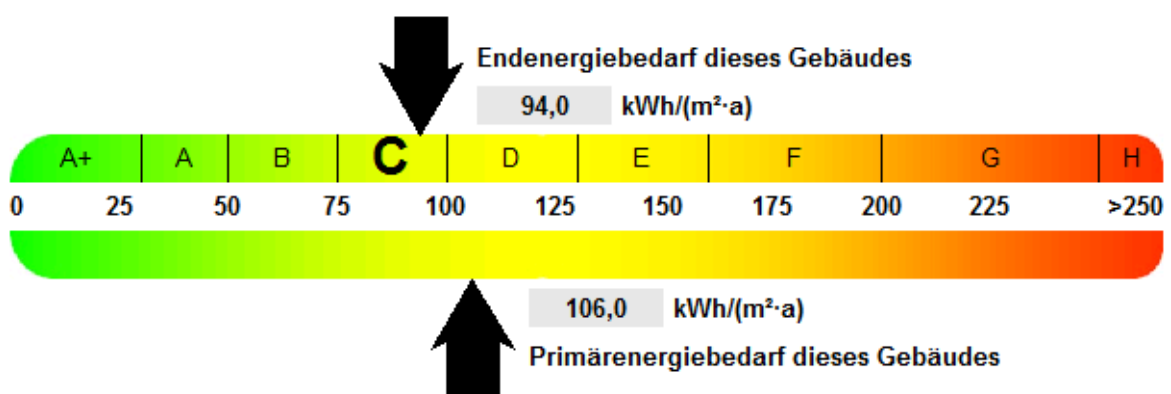
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 143,5 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 161,4 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 36 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 24 kg/m²a.

3.6.2 Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI (ab 1994)

Abbildung 26 zeigt die Verteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

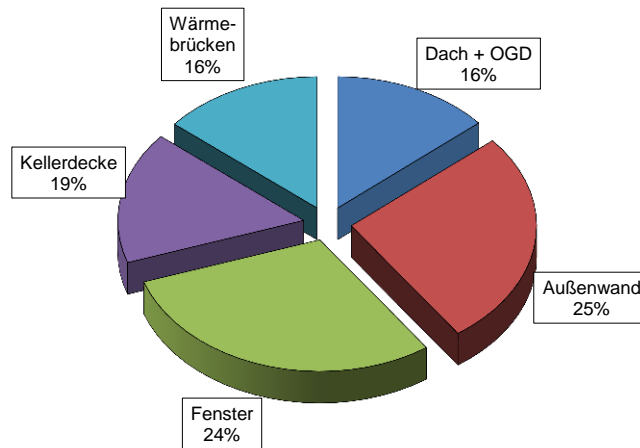


Abbildung 26: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (ab 1995)

Abbildung 27 zeigt die prozentualen Einsparpotentiale für ein Wohnhaus nach Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995).

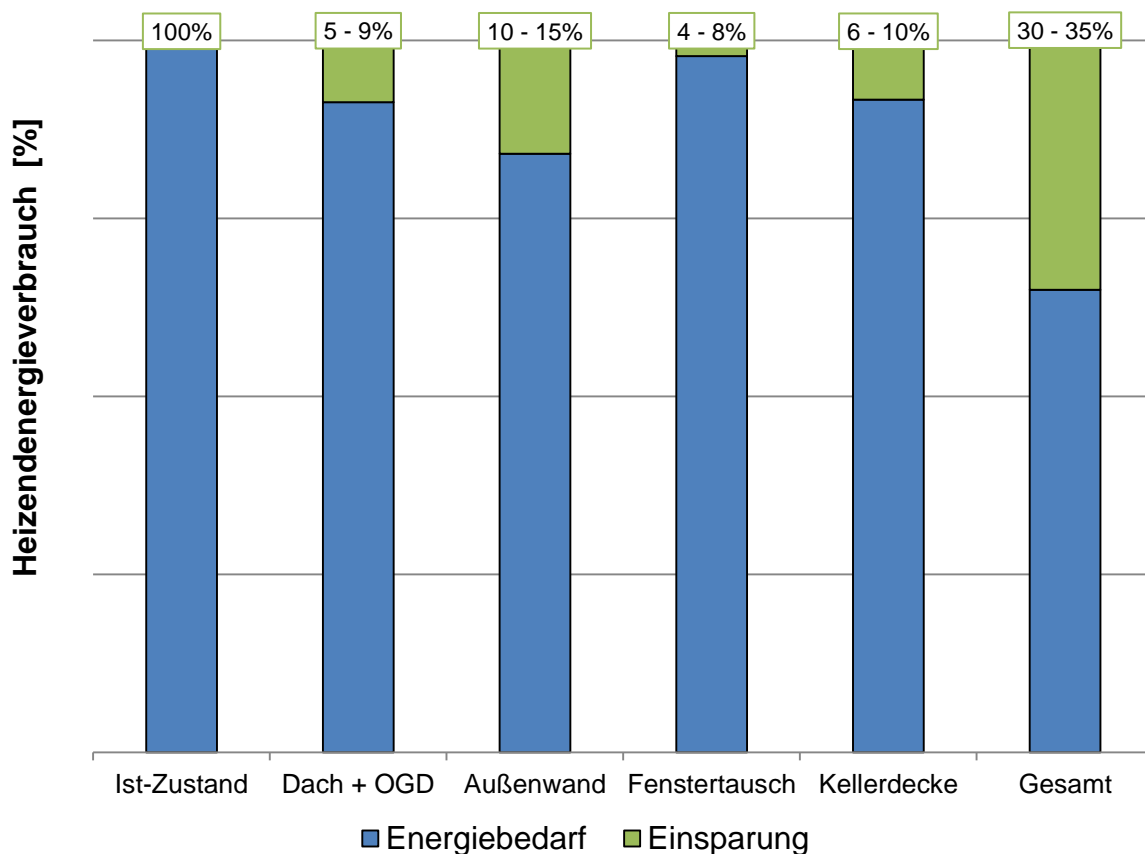


Abbildung 27: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI

Tabelle 14 zeigt die beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das Referenzgebäude nach Typ 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995).

Tabelle 14: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995)

Bauteil	Fläche [m ²]	Maßnahme	U-Wert Saniert [W/m ² K]	Einsparung Heizenergie [kWh/a]	Einsparung Heizkosten [€/a]	Vollkosten Sanierung [€]	statische Amortisation [a]
Dach + OGD	143	Dämmung	0,11	2.100	190	7.800	> 40
Außenwand	137	Dämmung	0,15	4.000	360	17.100	> 40
Fenster	34	Austausch	1,30	1.800	160	13.600	> 40
Kellerdecke	120	Dämmung	0,20	2.600	230	4.800	22
Gesamt	434			10.500	940	43.300	> 40

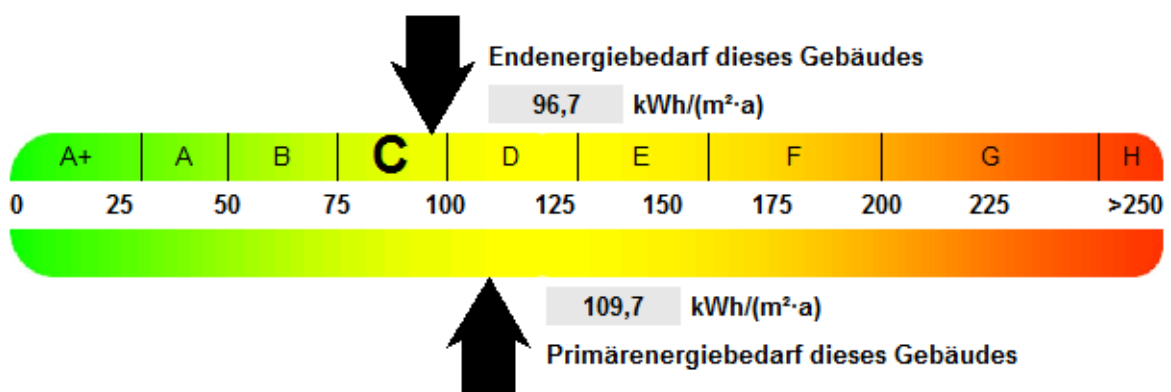
Im Ist-Zustand ergeben sich für das Referenzgebäude folgende spezifische Verbrauchswerte:

Endenergiebedarf: 150,9 kWh/m²a

Primärenergiebedarf: 171,2 kWh/m²a

CO₂ –Ausstoß: 38 kg/m²a

Im sanierten Zustand:



Der die obigen Werte gelten für eine Gesamtsanierung der Hüllfläche. Der CO₂ – Ausstoß im sanierten Zustand beträgt 25 kg/m²a.

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 Gebäudotyp 1)

Bei den vor 1968 erstellten Gebäuden ist von einer kurzfristigen Amortisation auszugehen. Ab Baujahr 1968 ergeben sich schon langfristige Amortisationszeiten. Die Durchführung der Maßnahme wird deshalb vor allem für vor 1968 erstellte Gebäude empfohlen. Bei jüngeren Gebäuden ist es ratsam, eine Vor-Ort-Beratung durch einen Sachverständigen durchführen zu lassen.

Dämmung der Dachflächen und der in Holzbauweise erstellten obersten Geschossdecke (Gebäudotyp 2)

Für bis 1968 erbaute Gebäude ergeben sich kurzfristige, für die zwischen 1969 und 1978 erstellten Gebäude mittelfristige Amortisationszeiten. Die Möglichkeit zur Durchführung der Maßnahme sollte deshalb für vor 1978 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 werden. Die Durchführung des hydraulischen Abgleich der Heizungsanlage ist eine sich kurz- bis mittelfristig amortisierende und somit sinnvolle Maßnahme. Werden die Heizkreise über stufengeregelte Umwälzpumpen versorgt wird empfohlen diese gegen elektronisch geregelte, hocheffiziente Umwälzpumpen zu ersetzen. 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: Die technischen Mindestanforderungen nach EnEV 2009 und KfW	18
Tabelle 2: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse I (bis 1948)..	22
Tabelle 3: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse I (bis 1948)..	24
Tabelle 4: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968).....	27
Tabelle 5: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse II (1949 bis 1968).....	29
Tabelle 6: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).....	32
Tabelle 7: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse III (1969 bis 1978).....	34
Tabelle 8: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).....	37
Tabelle 9: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV (1979 bis 1983).....	39
Tabelle 10: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).....	42
Tabelle 11: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse V (1984 bis 1994).....	44
Tabelle 12: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 1 in Baualtersklasse VI (ab 1995)	47
Tabelle 13: Die Wirtschaftlichkeit einer Sanierung von Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI (ab 1995)	49

6 Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Die Aufteilung der Wohnungen im Stadtgebiet in Baualtersklassen.....	3
Abbildung 2: Schnitt von Gebäudety 1.....	6
Abbildung 3: Schnitt von Gebäudety 2.....	8
Abbildung 4: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 1 (bis 1948).....	21
Abbildung 5: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in Baualtersklasse I (bis 1948).....	21
Abbildung 6: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (bis 1948).....	23
Abbildung 7: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse I (bis 1948).....	23
Abbildung 8: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 1 (1949 bis 1968).....	26
Abbildung 9: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in Baualtersklasse II.....	26
Abbildung 10: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (1949 bis 1968).....	28
Abbildung 11: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse II.....	28
Abbildung 12: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 1 (1969 bis 1978).....	31
Abbildung 13: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in Baualtersklasse III.....	31
Abbildung 14: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (1969 bis 1978).....	33
Abbildung 15: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse III.....	33
Abbildung 16: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 1 (1979 bis 1983).....	36
Abbildung 17: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in Baualtersklasse IV.....	36
Abbildung 18: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (1979 bis 1983).....	38
Abbildung 19: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse IV.....	38
Abbildung 20: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 1 (1984 bis 1994).....	41
Abbildung 21: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in Baualtersklasse V.....	41
Abbildung 22: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (1984 bis 1994).....	43
Abbildung 23: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse V.....	43
Abbildung 24: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 1 (ab 1995).....	46
Abbildung 25: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 1 in Baualtersklasse VI.....	46
Abbildung 26: Die Verteilung der Transmissionsverluste von Gebäudety 2 (ab 1995).....	48
Abbildung 27: Die Einsparpotentiale für Gebäudety 2 in Baualtersklasse VI.....	48