



**BERATUNGSBERICHT IM RAHMEN  
DES FÖRDERSCHWERPUNKTES 2.2  
„ENERGIEMANAGEMENTSYSTEME“**

**FÜR DAS  
„WOHNGEBÄUDE IN DER HEIM-  
STRASSE 38-44“  
IN AMT HORST-HERZHORN**

**Auftraggeber**  
Amt Horst-Herzhorn  
Elmshorner Straße 27  
25358 Horst (Holstein)

**Auftragnehmer**  
energielenker projects GmbH  
Hüttruper Heide 90  
48268 Greven

Greven, den 01.02.2022

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	3
TABELLENVERZEICHNIS .....	4
Einleitung .....	5
Zusammenfassung .....	7
ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG .....	7
GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ .....	8
INVESTITIONSKOSTEN .....	9
FAHRPLAN DER SANIERUNGSVARIANTEN .....	10
Ausgangssituation .....	11
BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES .....	11
FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021). .....	14
WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	15
Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung .....	16
ANLAGENTECHNIK .....	17
Heizungsanlage .....	17
Warmwasserbereitung .....	17
Beleuchtung .....	17
Lüftungstechnik .....	17
TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	18
Energieverbräuche der Liegenschaft .....	18
Energiekosten .....	20
Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	21
PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	22
Sanierungsvarianten .....	23
ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	23
SV 1: AUßENWANDSANIERUNG .....	24
SV 2: FENSTER- UND TÜRENAUSTAUSCH .....	27
SV 3: OGD-DÄMUNG .....	30
SV 4: HEIZUNGSTAUSCH (ERDGAS BRENNWERT-KESSEL) .....	33
SV 5: PELLETHEIZUNG .....	36
PV-ANLAGE .....	39
MK 1: MAßNAHMENKOMBINATION SV1-SV4 .....	41

MK 2: MAßNAHMENKOMBINATION SV1-SV3+SV5 .....	44
Fazit	47
Anhang .....	48
A.1 GLOSSAR .....	48

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf $Q_E$ [kWh/a] .....	7
Abbildung 2 Brennstoffkosten [€/a] .....	7
Abbildung 3 Primärenergiebedarf $Q_P$ [kWh/a] .....	8
Abbildung 4 CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/a] .....	8
Abbildung 5 Investitionskosten [€] .....	9
Abbildung 6 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), ( <a href="https://danord.gdi-sh.de">https://danord.gdi-sh.de</a> ), abgerufen am 01.02.2022 .....	11
Abbildung 7 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes .....	12
Abbildung 8 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes mit beheizten (rot) und unbeheizten (blau) Flächen .....	12
Abbildung 9: Zuordnung der Räumlichkeiten nach beheizten (rot) und unbeheizten (blau) Flächen .....	13
Abbildung 10 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft .....	19
Abbildung 11 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger .....	21
Abbildung 12 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1 .....	25
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	25
Abbildung 14 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3 .....	31
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	31
Abbildung 16 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4 .....	34
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 .....	34
Abbildung 18 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5 .....	37
Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	37
Abbildung 20 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1 .....	42
Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1 .....	42
Abbildung 22 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 2 .....	45
Abbildung 23 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 2 .....	45
Abbildung 24 Primärenergie .....	49

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung .....	10
Tabelle 2 Allgemeine Daten.....	13
Tabelle 3 Gebäudekennwerte .....	16
Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart .....	19
Tabelle 5 Bezugskosten nach Energieträger .....	20
Tabelle 6 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1.....	26
Tabelle 7 Einsparpotenzial, SV 1.....	26
Tabelle 8 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 1.....	26
Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2.....	29
Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2 .....	29
Tabelle 11 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 2 .....	29
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3 .....	32
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 3 .....	32
Tabelle 14 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 3 .....	32
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4 .....	35
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 4 .....	35
Tabelle 17 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 4 .....	35
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5 .....	38
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 5 .....	38
Tabelle 20 Parameter Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, SV 5.....	38
Tabelle 21 Einsparpotenzial, MK 1.....	43
Tabelle 22 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, MK 2.....	43
Tabelle 23 Einsparpotenzial, MK 2.....	46
Tabelle 24 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, MK 2.....	46

## EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für das Wohngebäude in der Heimstraße 38-44 in Horst wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes 2.2 „Energiemanagementsysteme“ der Kommunalrichtlinie erstellt. Die Projektträgerschaft wurde zum 01.01.2022 von der Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH übernommen.

Für Nichtwohngebäude wird das Anforderungsniveau der DIN V 18599 vorgegeben. Die Berechnungsmethodik der Norm sieht für Nichtwohngebäude eine Zonierung vor. Mit der Zonierung können die Gebäude in unterschiedliche Nutzungszonen oder in ein Ein-Zonen-Modell (vereinfachtes Modell) aufgeteilt werden. Im Rahmen der folgenden Gebäudebewertung wird das vereinfachte Modell verwendet. Mit der Zonierung der Gebäude werden pauschalisierte Annahmen zum Nachweis der Einhaltung eines im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgeschriebenen Anforderungsniveaus für Gebäude zu Grunde gelegt.

Nach der Berechnungsmethodik der DIN V 18599 wird der Verbrauch einer bestimmten Energiemenge von Strom und Wärme ermittelt, die z. B. in einem Gebäude zur Beheizung, zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser oder zur Beleuchtung des Raums benötigt wird. Diese Energiemenge wird unter der Verwendung von standardisierten Randbedingungen rein rechnerisch ermittelt und als Energiebedarf gekennzeichnet. Beim Energiebedarf wird das Nutzerverhalten der Bewohner bzw. der Letztverbraucher nicht berücksichtigt. Basierend auf dem Energiebedarf der Liegenschaft werden die jeweiligen Sanierungsvarianten (SV) abgeleitet und in diesem Gebäudebericht beschrieben.

Der Energieverbrauch hingegen wird über die tatsächlichen Verbrauchsdaten von Strom und Wärme eines Gebäudes ermittelt. Im Energieverbrauch sind auch die unterschiedlichen Gewohnheiten der Letztverbraucher, die tatsächlichen Witterungsverhältnisse am Standort des Gebäudes und die zusätzlichen elektrischen Verbraucher (PC, Küche usw.) enthalten.

Aufgrund der Berechnungsmethodik nach DIN V 18599 sind Abweichungen vom Energiebedarf zum Energieverbrauch zu erwarten.<sup>1</sup> Die Energieverbräuche können daher als Vergleichsgrundlage für die Berechnung des Energiebedarfs nur teilweise herangezogen werden. In den vorgeschlagenen Sanierungsvarianten wird lediglich die Hilfsenergie für die technischen Anlagen (Heizung, Beleuchtung usw.) und die Raumwärme betrachtet, d. h., dass auch bei einem Eigenstromverbrauch aus PV-Produktion nur der Anteil für die Hilfsenergie energetisch betrachtet wird.

Insgesamt können die rechnerischen Energiebedarfe in den Sanierungsvarianten im Vergleich zu den tatsächlichen Energieverbräuchen Schwankungsbreiten von bis zu 40% aufweisen. Diese Abweichungen sollten bei der Bewertung der verschiedenen Sanierungsvarianten von der Gemeinde berücksichtigt werden.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert, bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Zu-

---

<sup>1</sup> Untersuchungsbericht: Energiebedarf versus Energieverbrauch – Fachhochschule Bielefeld, Institut für Bauphysik und Baukonstruktion. Stand 25.10.2019 (abgerufen am 24.08.2021)  
<https://www.hausundgrund.de/sites/default/files/downloads/fh-bielefelduntersuchungenergiebedarf-versusenergieverbrauch12112019.pdf>

dem sollten die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig mit der Vergabestelle abgestimmt werden.

Die energetischen Berechnungen im vorliegenden Bericht wurden mit dem „Energieberater 18599 3D“ der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG<sup>2</sup> durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

---

<sup>2</sup> <https://www.hottgenroth.de>

## ZUSAMMENFASSUNG

### ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

Nachfolgend werden die Einsparungen an Endenergie von Strom und Wärme pro Sanierungsvariante (SV) aufgeführt, die durch Modernisierungen am Gebäude und der Anlagentechnik generiert werden können: Die Wirtschaftlichkeit wird aufgrund der Berücksichtigung des Energieverbrauchs und nicht des Energiebedarfs in Kapitel 4 genauer beschrieben.

#### Endenergiebedarf

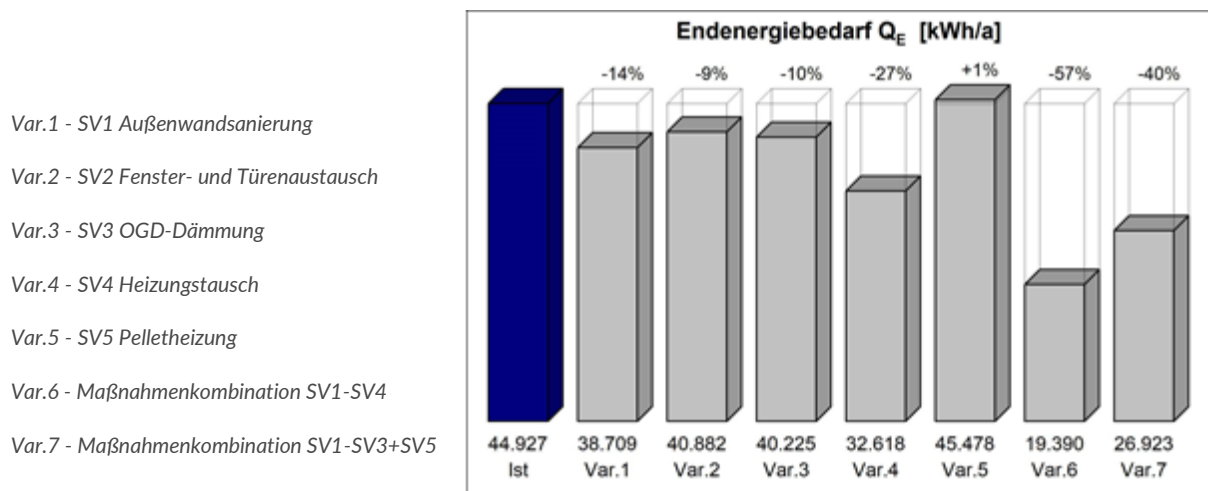


Abbildung 1 Endenergiebedarf  $Q_E$  [kWh/a]

**Hinweis:** Eine PV-Anlage wird in diesem Bericht unabhängig der Norm in der Variantenbeschreibung berechnet.

#### Brennstoff- und Betriebskosten

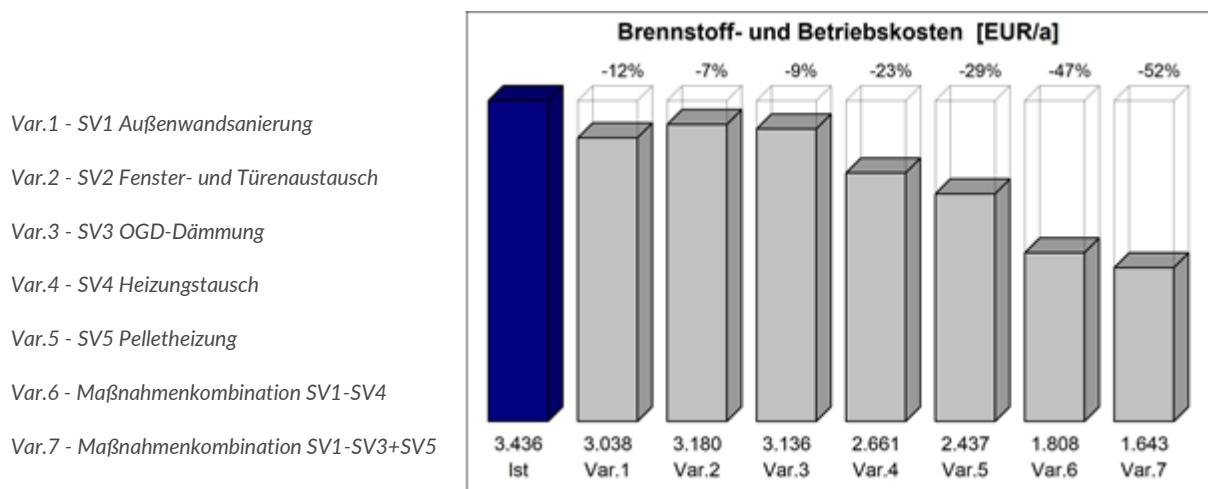


Abbildung 2 Brennstoffkosten [€/a]

## GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

Wie in der Einleitung dieses Berichtes umrissen wird, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Primärenergie.

Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub belastet.

In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

### Primärenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - PV-Anlage
- Var.2 - Wärmepumpe + PV
- Var.3 - Dämmung OGD + Flachdachsanieerung
- Var.4 - Fenster- und Türe austausch
- Var.5 - Maßnahmenkombination

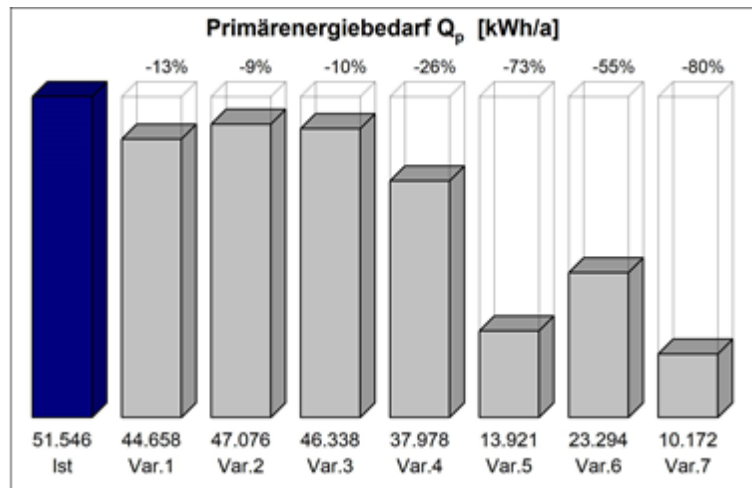


Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q<sub>p</sub> [kWh/a]

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

- Ist-Zustand
- Var.1 - PV-Anlage
- Var.2 - Wärmepumpe + PV
- Var.3 - Dämmung OGD + Flachdachsanieerung
- Var.4 - Fenster- und Türe austausch
- Var.5 - Maßnahmenkombination

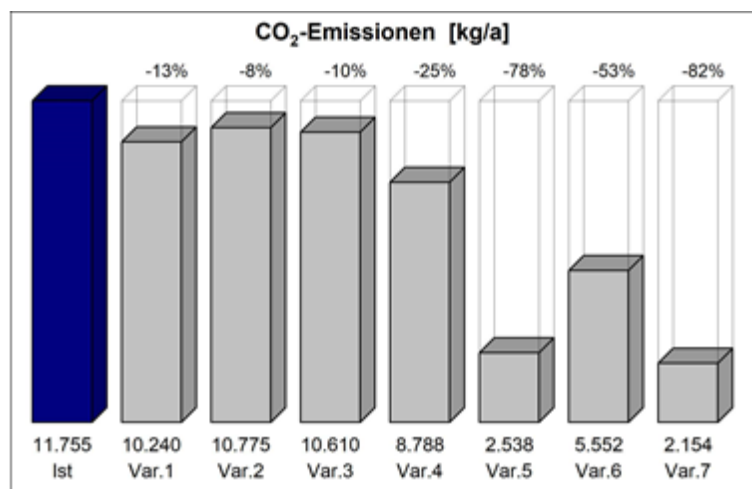


Abbildung 4 CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]



## INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt.

### Gesamtinvestitionskosten

- Ist-Zustand
- Var.1 - PV-Anlage
- Var.2 - Wärmepumpe + PV
- Var.3 - Dämmung OGD + Flachdachsanierung
- Var.4 - Fenster- und Türenaustausch
- Var.5 - Maßnahmenkombination

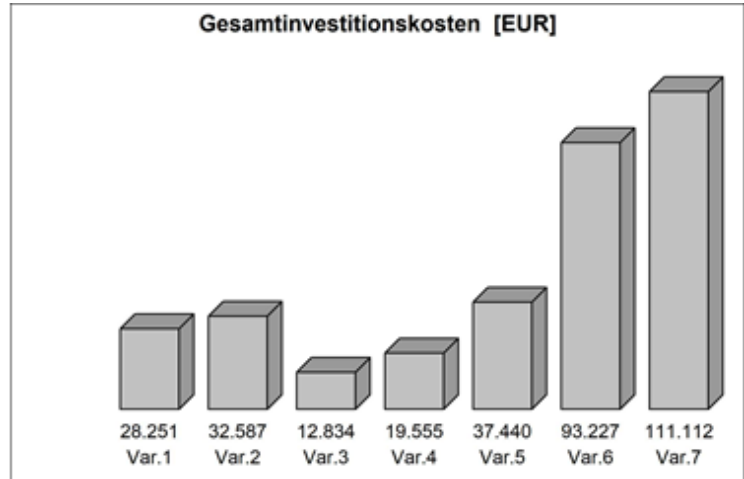


Abbildung 5 Investitionskosten [€]

## FAHRPLAN DER SANIERUNGSVARIANTEN

Die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten können mit der nachfolgenden Reihenfolge geplant und umgesetzt werden. Die Entscheidung, welche Heizungsanlage zum Einsatz kommen könnte, ist auch abhängig von der Prüfung der Statik. Dementsprechend wurden beide Varianten an erster Stelle erwähnt.

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung

Reihenfolge der Sanierungsvarianten	CO <sub>2</sub> -Einsparung [kg/a]	Investitionsausgaben (brutto) inkl. 20 % NK [€]	Zuschüsse aus Förderprogrammen (Stand: August 2021) [€]	Amortisationszeit [Jahre]
Schritt 1.1: Erdgas-Brennwertkessel	516	19.555	3.911	20
Schritt 1.2: Pelletheizung	9.216	37.440	13.104	27
Schritt 2: Fenster- und Türenaustausch	980	32.587	6.517	-
Schritt 3: Außenwanddämmung	1.514	28.251	5.650	-
Schritt 4: OGD-Dämmung	1.145	12.834	2.567	30
<b>Summe</b>	2.994	93.227 (mit Brennwertkessel) 111.112 (mit Pelletheizung)	15.125 (mit Brennwertkessel) 27.838 (mit Pelletheizung)	

**Wichtiger Hinweis zu den Informationen über anwendbare Zuschüsse**

Sind Zuschüsse für die Umsetzung einer Maßnahme erhältlich, sind diese bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten zu berücksichtigen. In diesem Energieberatungsbericht werden die Förderungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht berücksichtigt, da der Fördermittelmarkt sehr dynamisch ist und eine Aktualität nicht garantiert werden kann.

Ob die Gemeinde die Förderbedingungen erfüllen kann, ist von der Gemeinde eigenständig zu prüfen. Die Aktualität der Förderkonditionen ist vor der Umsetzung von Maßnahmen ebenfalls zu prüfen. Fördermaßnahmen sind i. d. R. vor Durchführung der Sanierungsmaßnahme zu beantragen.

Für die Aufzählung der genannten Förderkonditionen und der Höhe der Zuschüsse bestehen keine Ansprüche auf Vollständigkeit.

## AUSGANGSSITUATION

### BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Das Wohngebäude an der Heimstraße 38-44 wurde 1957 gebaut und dient als Rentnerheim. Die Außenwände bestehen aus Schlämmputz, 11,5 cm Kalksand-Vollsteine, 17,5 cm Leca-Steine und 1,5 cm Innenputz und die Wohnungstrennwände aus 24 cm Kalksand-Vollsteinen, welche verputzt sind. Die Decken wurden aus 10 cm Beton B80, Isolierpappe, Steinwolle und 24 mm Holzfußboden errichtet. Die Sohle besteht aus 4 cm schwimmendem Estrich mit Glaswollmatten und 12 cm Stahlbeton. Das Dach ist mit Betonfalzpfannen eingedeckt.

Das Gebäude besteht aus einem Geschoss mit insgesamt vier Wohnungen. Jede Wohnung ist mit einer Küche, einem Bad, einem Flur und einem Schlafzimmer ausgestattet. 1993 wurde das Gebäude renoviert, dabei wurde eine Zentralheizung, ein Niedertemperatur-Kessel, eingebaut. Die Heizungsrohre verlaufen im Dachboden. Zusätzlich wurden während der Renovierung die Fenster und Haustüren erneuert. Die Fassade wurde außerdem mit einem Wärmedämmputz versehen. Warmwasser wird über elektrische Durchlauferhitzer in den Bädern sowie 5 L Untertischgeräten in den Küchen bereitgestellt.



Abbildung 6 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), (<https://danord.gdi-sh.de>), abgerufen am 01.02.2022

Die Abbildungen 7 und 8 stellen das untersuchte Gebäude in 3D-Ansicht und mit konditionierten Flächen dar.

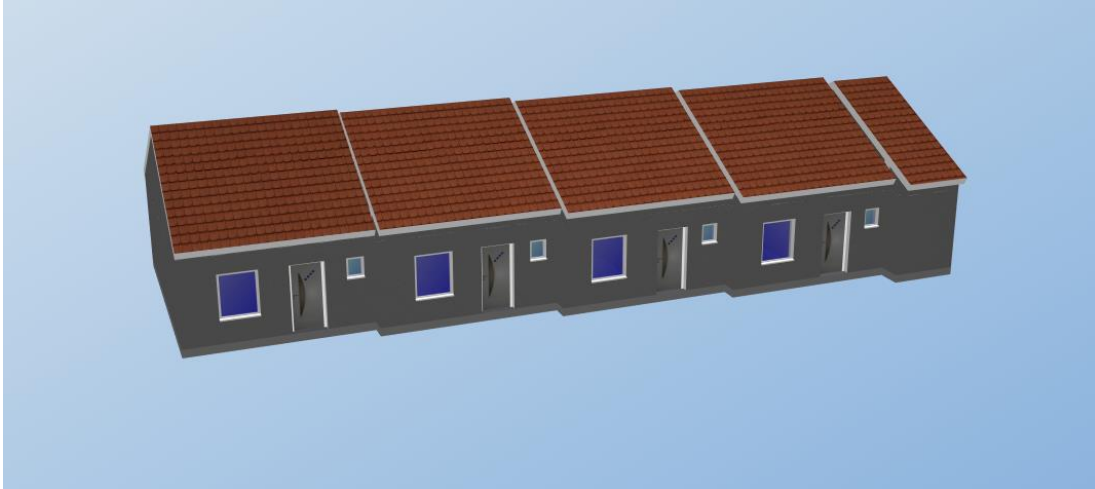


Abbildung 7 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes

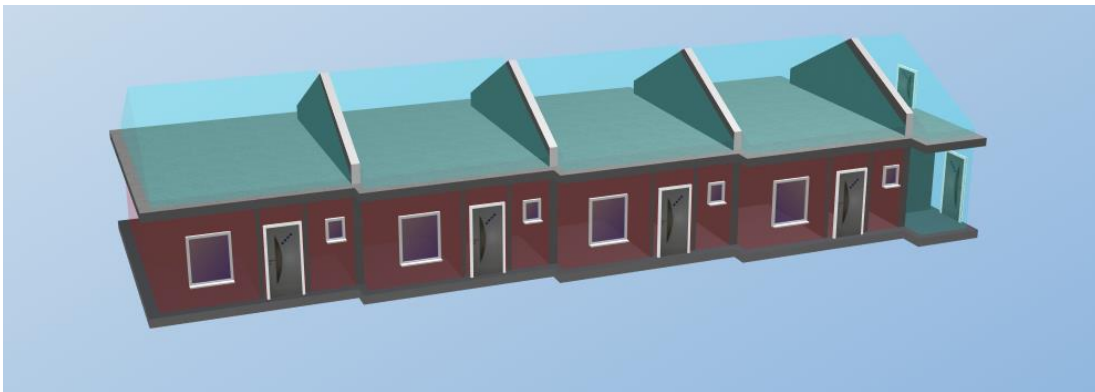


Abbildung 8 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes mit beheizten (rot) und unbeheizten (blau) Flächen

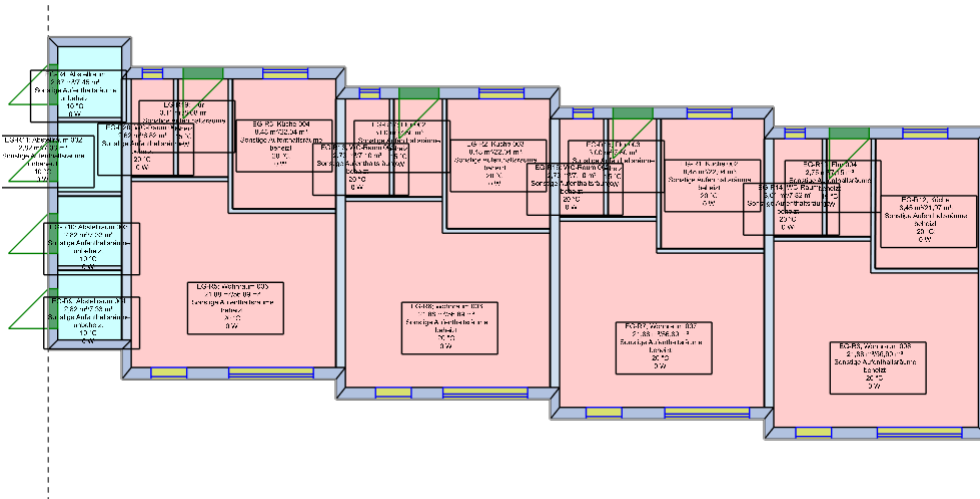


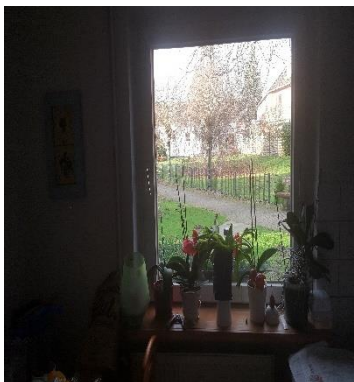
Abbildung 9: Zuordnung der Räumlichkeiten nach beheizten (rot) und unbeheizten (blau) Flächen

Tabelle 2 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Wohngebäude Heimstraße 38-44
Gebäudetyp	Wohngebäude
Straße, Hausnr.	Heimstraße 38-44
PLZ, Ort	25358 Horst
Baujahr	1957, 1993
Beheiztes Gebäudevolumen V	490 m <sup>3</sup>
Gebäudenutzfläche A <sub>N</sub>	157 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche	518 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschosshöhe	ca. 2,6 m

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf die thermisch konditionierte Zone. Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Amt Horst Herzhorn

FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021).



## WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Die nachfolgende Tabelle zeigt die bautechnischen Charakteristika des Gebäudes. Ein wichtiger Indikator für die energetische Qualität der einzelnen Bauteile ist ihr jeweiliger Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert). Er gibt an, wie viel Wärme (in Watt [W]) bei einem Grad Temperaturunterschied (in Kelvin [K]) durch einen Quadratmeter [m<sup>2</sup>] Bauteilfläche fließt. Das bedeutet, je geringer der U-Wert ist, desto weniger Wärme entweicht durch das Bauteil und desto besser sind seine Dämmeigenschaften. Umgekehrt sind die wärmetechnischen Eigenschaften eines Bauteils schlechter je höher der U-Wert ist. Der zulässige U-Wert in der Tabelle 3 beschreibt den Wert, der nach dem aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG) maximal bei Sanierung oder Neubau zulässig ist.

Dies bedeutet beispielsweise, dass nach einer Sanierung der Außenwand der zulässige U-Wert des Bauteils in Höhe von 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) nicht überschritten werden darf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>3</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

---

<sup>3</sup>„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten U-Werten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) mit angegeben<sup>4</sup>. Die grün markierten Zeilen erfüllen bereits die Anforderungen des aktuellen GEG. Die rot markierten Zeilen entsprechen nicht den aktuellen Anforderungen der GEG.

Tabelle 3 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	Ist-Zustand	GEG <sup>5</sup>	BEG-Förderung <sup>6</sup>
<b>Bodenplatte Altbau</b>	1,20	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Boden gegen Erdreich</i>			
<b>Außenwand</b>	0,84	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			
<b>Obere Geschossdecke</b>	0,57	0,2	0,14
<i>Bauteilgruppe: Decke gegen unbeheizt</i>			
<b>Fenster Baujahr 1992/1993</b>	3,00	1,30	0,95
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
<b>Außentüren Baujahr 1992/1993</b>	3,50	1,80	1,30
<i>Bauteilgruppe: Außentür</i>			

<sup>4</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß GEG Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen. Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U<sub>w</sub>-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

<sup>5</sup> Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der GEG 2020 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet.

<sup>6</sup> Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderung gelten nicht für die Förderung von BEG-Effizienzhäusern. Die Anforderungen Stand Juli 2021 können jederzeit aktualisiert werden.



## ANLAGENTECHNIK

### Heizungsanlage

In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Gas-Brennwertkessel, welcher das Gebäude mit Wärme versorgt. Die Heizkreispumpen sind leistungsgeregt. Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt.

Erzeugung	<i>NT-Gebläse-Kessel Baujahr 1993</i> <i>Energieträger: Erdgas</i>
Verteilung	<i>kein hydraulischer Abgleich</i> <i>Leitungen mäßig gedämmt (Altbau)</i>
Übergabe	<i>freie Heizfläche, Anordnung im Außenwandbereich</i>

### Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt über elektrische Durchlauferhitzer in den Bädern sowie 5 L Untertischgeräten in den Küchen.

### Beleuchtung

Im betrachteten Gebäude befinden sich diverse Leuchtentypen. Überwiegend kommen Glühbirnen und Halogenstrahler in den Wohnungen zum Einsatz

### Lüftungstechnik

Eine Lüftung findet zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen. Aber auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO<sub>2</sub> und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung ist auch nötig, um Schimmelbildung durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt austretende Schadstoffe aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen zu entfernen.

Die Be- und Entlüftung in dem betrachteten Gebäude erfolgt über die vorhandenen Fenster und Türen.

## TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

### Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude, soweit deren Medienverbräuche nicht separat gezählt bzw. ermittelt werden.

Die durchgeführten ingenieurtechnischen Berechnungen bilden die Verbräuche des behandelten Gebäudes annähernd ab, sodass hieraus die in den nachfolgenden Kapiteln erläuterten Sanierungsmaßnahmen abgeleitet werden können.

Der Energieverbrauch wird entscheidend durch das Nutzerverhalten bestimmt. Die wesentlichen Einflussfaktoren dabei sind:

- ▶ die standortspezifischen Witterungsverhältnisse (Lüftungsverhalten und Raumlufttemperaturen)
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der elektrischen Verbraucher
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- ▶ interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl, ...)
- ▶ der Warm- und Kaltwasserverbrauch

Die jährlichen klimatischen Bedingungen an einem Standort beeinflussen den Wärmeverbrauch eines Gebäudes. Um die Beurteilung und die Vergleichbarkeit der verschiedenen Wärmeverbräuche mit nutzungsgleichen Gebäuden zu ermöglichen, werden die gebäudespezifischen Wärmeverbräuche mit einem Klimafaktor korrigiert. Hierdurch werden die jährlichen gebäudespezifischen Verbrauchswerte von Wärme auf ein durchschnittliches Klima hochgerechnet.

In der nachfolgenden Tabelle 5 bzw. der Abbildung 8 werden die tatsächlichen Verbrauchsdaten von Strom und Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der letzten drei Jahre für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Die Verbrauchswerte wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

Jahr	2020	2021	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	30.204	37.681	<b>33.943</b>
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,13	1,04	
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	34.131	39.188	<b>36.659</b>
Strom [kWh/a]	<b>Keine Angabe</b>		

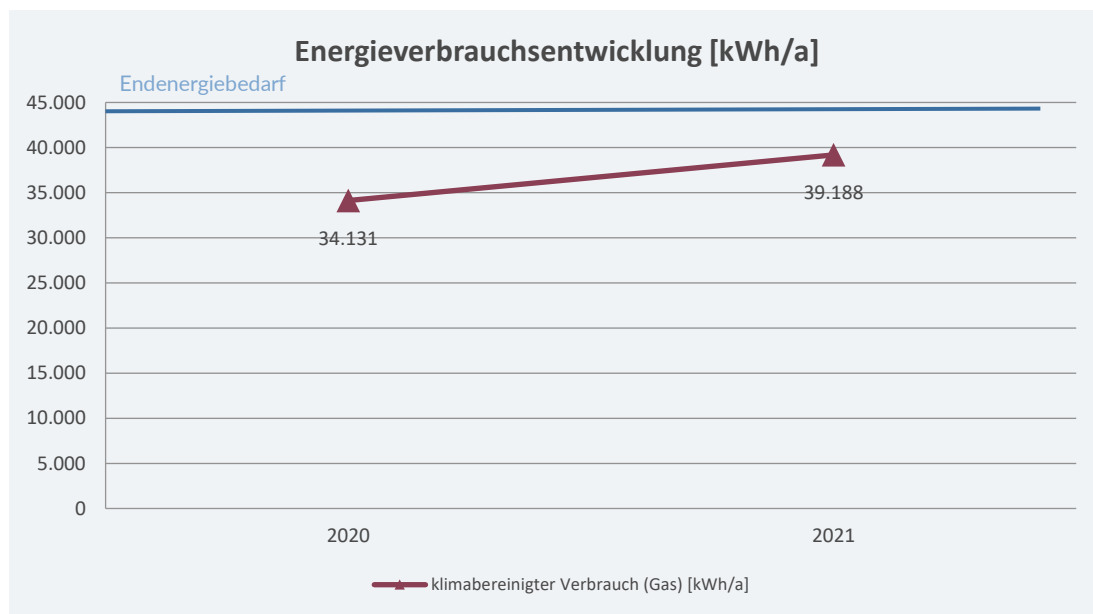


Abbildung 10 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

## Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen in den Sanierungsvarianten wurden gemäß den Angaben des Amt Horst-Herzhorn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

Tabelle 5 Bezugskosten nach Energieträger

<b>Bezeichnung</b>	<b>Preis [€/kWh]</b>	<b>CO<sub>2</sub> [g/kWh]</b>
Erdgas (inkl. CO <sub>2</sub> -Steuer)	0,0626	240
Strom-Mix	0,192	560

**Anmerkung:** Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Amt Horst-Herzhorn.

### Preissteigerung durch CO<sub>2</sub>-Steuer

Die CO<sub>2</sub>-Steuer soll den Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen hin zu erneuerbaren Technologien fördern. Die sogenannte CO<sub>2</sub>-Steuer verteuert Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas dabei so, dass sich die Kosten in Zukunft stärker am tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Gehalt ausrichten. Sie soll die Bevölkerung zu einem bewussteren Umgang mit fossilen Energieträgern bewegen und Anreize schaffen, um auf moderne und klimafreundliche Technologien umzurüsten.

Mit dem Klimapaket hat die Bundesregierung inzwischen beschlossen, wie sich die CO<sub>2</sub>-Preise in Zukunft verändern. So kostet eine Tonne des klimaschädlichen Gases im Jahr 2021 25 Euro. In den folgenden Jahren steigen die Abgaben dann schrittweise, bis diese 2025 einen Wert von 55 Euro pro Tonne erreichen. Ab 2026 steigen die Preise (in Abhängigkeit der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen) voraussichtlich weiter an.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen prognostizierten Anstieg der Energiekosten verschiedener Energieträger um bis zu 20 % bis 2030. Die Stromkosten für Verbraucher sinken laut der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (jetzt Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) in Auftrag gegebenen Studie zur „Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose“ ab ca. 2025.

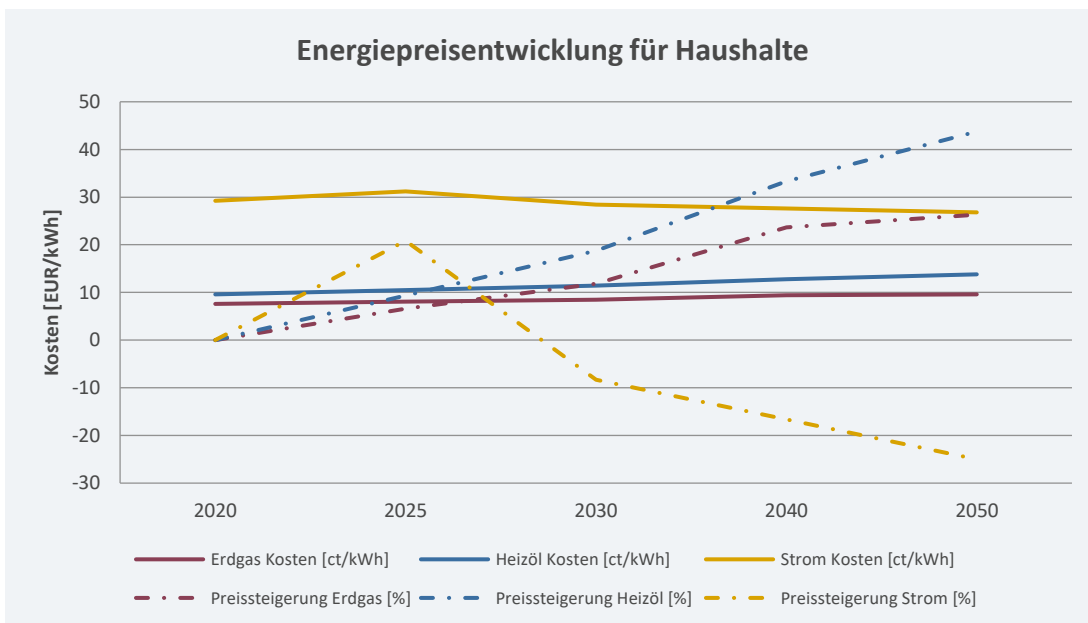


Abbildung 11 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger  
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

## PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

Für die Ermittlung der Sanierungskosten wurden zum einen die Richtpreise der Hersteller und zum anderen die Preise aus Referenzprojekten hinterlegt. Demnach sollte die Stadt vor Projektbeginn mehrere Vergleichsangebote einholen. Zudem sollte die Gemeinde mit der Vergabestelle die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig abstimmen.

Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 20 % beaufschlagt und sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten enthalten. In den Investitionskosten sind auch die Kosten für Nebenarbeiten enthalten. Zum Beispiel werden beim Tausch des Wärmeerzeugers folgende Arbeitskosten berücksichtigt:

- Wärmeerzeuger
- Lieferung
- Montage
- Hilfsaggregate
- Einbindung
- Speicher
- Inbetriebnahme
- Demontage und Entsorgung
- hydraulischem Abgleich
- Anpassung der Heizkurven
- Messung der erzeugten Wärmemenge
- Lohnkosten

## SANIERUNGSVARIANTEN

### ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Die Sanierungsvarianten wurden unter dem Fokus der Ökologie und Ökonomie entwickelt. Bei den einzelnen Sanierungsvarianten werden die Potentiale zur Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung in einer Tabelle separat dargelegt. In allen Sanierungsvarianten wird versucht, eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der im zurzeit gültigen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) maximal zulässige U-Wert minus 30 % berücksichtigt.

Folgende Sanierungsvarianten (SV) und Maßnahmenkombinationen (MK) wurden betrachtet:

#### Empfohlene Sanierungsvarianten (SV):

- SV1: Außenwandsanierung
- SV2: Fenster- und Türenaustausch
- SV3: OGD-Dämmung
- SV4: Heizungstausch (Erdgas Brennwert-Kessel)
- SV5: Pelletheizung
- MK1: Maßnahmenkombination SV1- SV4
- MK2: Maßnahmenkombination SV1-SV3+SV5

## SV 1: AUßENWANDSANIERUNG

Die Außenwände wurden nach dem Bau 1957 im Jahre 1993 mit Wärmedämmputz versehen. Diese werden in dieser Sanierungsvariante entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Als Sanierung wird hierfür ein Wärmedämmverbundsystem geplant. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt  $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um diesen U-Wert zu erreichen, würde eine Dämmung von 12 cm mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,040 \text{ W/mK}$  ausreichen. In der Richtlinie zur BEG EM wird ein U-Wert der nachträglich gedämmten Außenwände von  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  gefordert. In der Simulation wird eine Dämmstoffstärke von 14 cm bei einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,035 \text{ W/mK}$  und einem resultierenden U-Wert von  $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Der alte Putz wird abgeschlagen. Die freigelegten Wandflächen werden für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht, verdübelt und armiert. Anschließend wird die Wärmedämmung verputzt. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden.

### **BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

<b>Info</b>	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
<b>Förderquote</b>	20 %
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderkreditbeitrag</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro $\text{m}^2$ NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **5.650 €** beantragt werden.



**Energieeinsparung - Variante 1 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 14 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

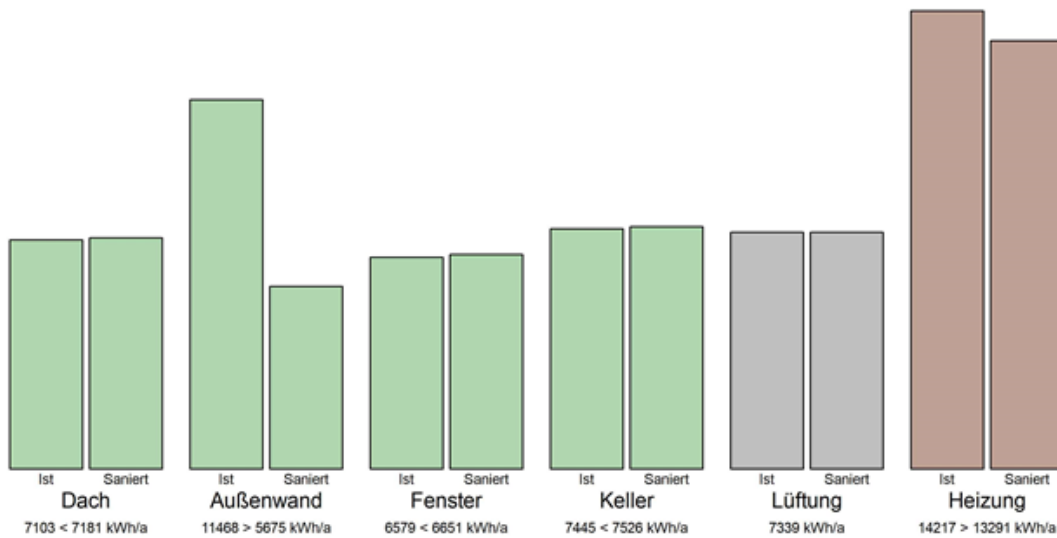


Abbildung 12 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 44.927 kWh/Jahr reduziert sich auf 38.709 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6.218 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.514 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **285 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

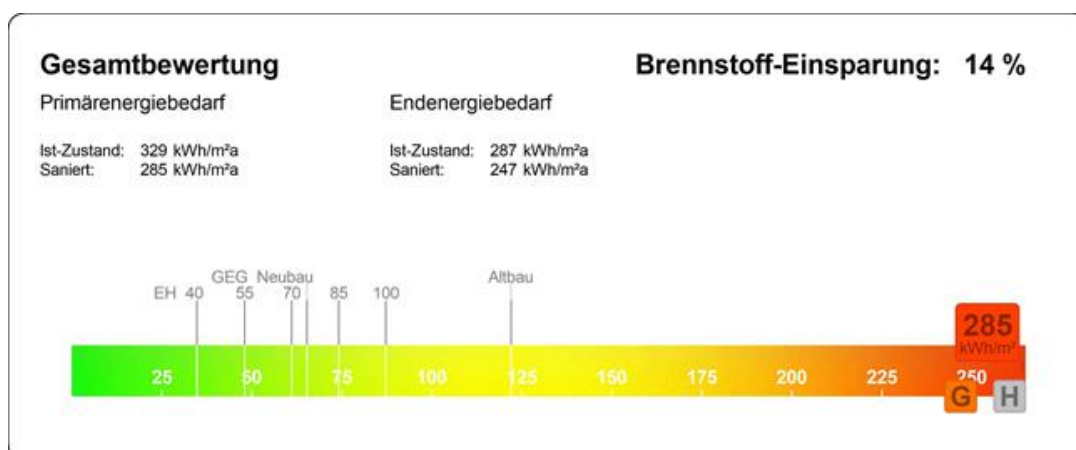


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 6 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1*

Gesamtinvestitionen	28.251 EUR
Mögliche Fördermittel	5.650 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>28.251 EUR</b>

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

*Tabelle 7 Einsparpotenzial, SV 1*

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
Kapitalkosten	1.176	35.280
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	5.658	169.740
Summe	6.834	205.020
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	6.399	191.970
<b>Einsparung</b>	<b>-435</b>	<b>-13.050</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

*Tabelle 8 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 1*

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.436	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.038	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

## SV 2: FENSTER- UND TÜRENAUSTAUSCH

In dieser Sanierungsvariante sollen die Fenster, Terrassentüren und Haustüren erneuert werden. Der aktuelle  $U_w$ -Wert für Fenster beträgt  $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , der U-Wert für Außentüren liegt bei  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um die BEG Förderung zu beantragen, ist ein  $U_w$ -Wert von  $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$  für Fenster und ein U-Wert von  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  für Türen anzusetzen. Für die Berechnung wird 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem  $U_w$ -Wert von  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  und für die Außentüren ein U-Wert von  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  angenommen.

**Achtung:** Um Schimmelbildung im Bereich der Fensterlaibung zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass der U-Wert der einzelnen Fenster nicht besser ist als das jeweilige Mauerwerk.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden.

### **BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

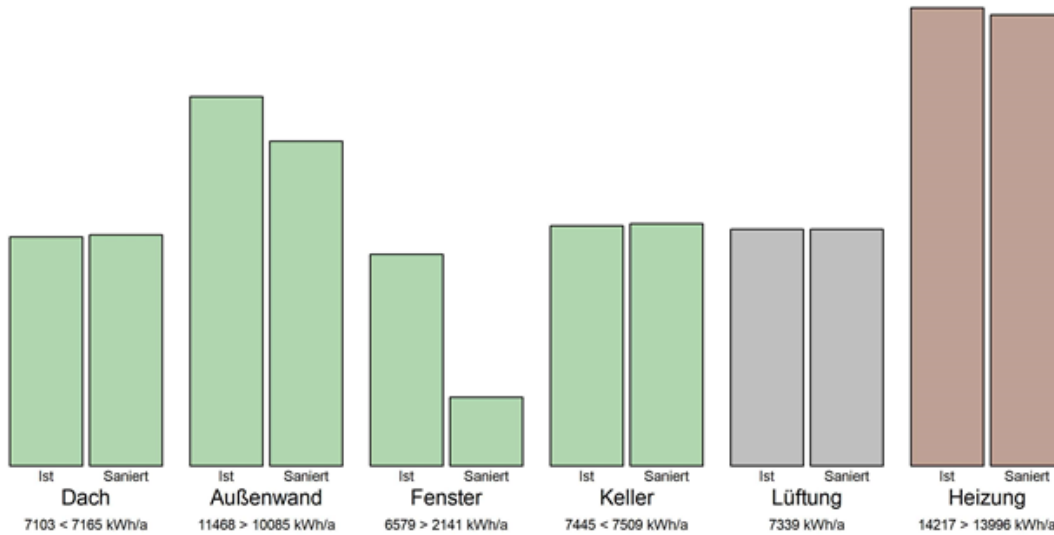
<b>Info</b>	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
<b>Förderquote</b>	20 %
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderkreditbeitrag</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro $\text{m}^2$ NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **6.517 €** gewährt werden!

### Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 9 %.

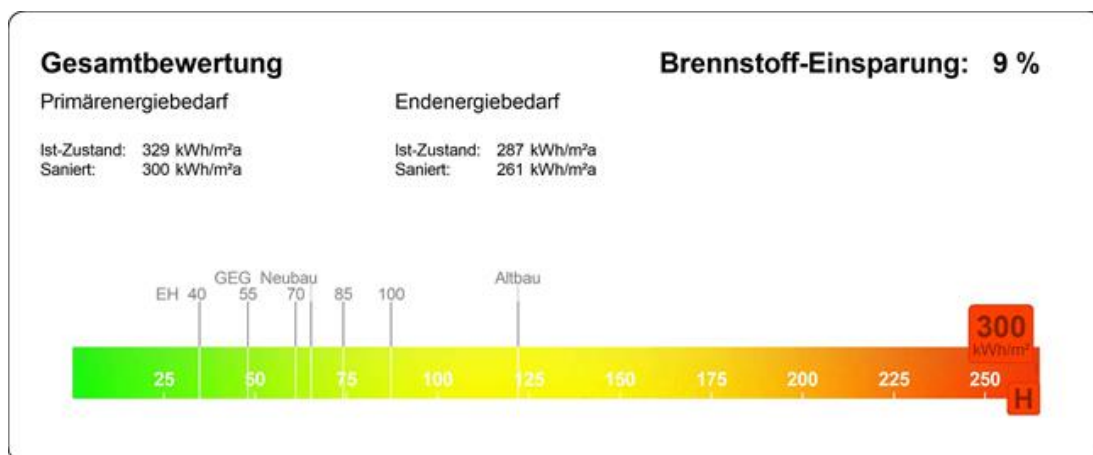
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 44.927 kWh/Jahr reduziert sich auf 40.882 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.045 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 980 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **300 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	32.587 EUR
Mögliche Fördermittel	6.517 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>32.587 EUR</b>

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.357	40.710
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	5.921	177.630
Summe	7.278	218.340
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	6.399	191.970
<b>Einsparung</b>	<b>-879</b>	<b>-26.370</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tabelle 11 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 2

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.436	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.180	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

### SV 3: OGD-DÄMUNG

Die obere Geschossdecke wird entsprechend des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) gedämmt. Die obere Geschossdecke wird von oben gedämmt. Hierfür würde eine Dämmung mit einer Stärke von 10 cm und mit einem Lambda-Wert von 0,032 W/mK ausreichen, um den Mindestanforderungen nach GEG, also einen U-Wert von 0,20 W/m<sup>2</sup>K, zu entsprechen. Damit Fördermittel durch die BEG beantragt werden können, ist bei der Dämmung der oberen Geschossdecke ein U-Wert von 0,14 W/m<sup>2</sup>K einzuhalten. In der Simulation wird damit ein Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von 0,032 W/mK in Verbindung mit einer Dämmstoffdicke von 18 cm angesetzt.

---

#### **BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

<b>Info</b>	<i>Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).</i>
<b>Förderquote</b>	20 %
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderkreditbeitrag</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m <sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **2.567 €** gewährt werden!

### Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 10 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

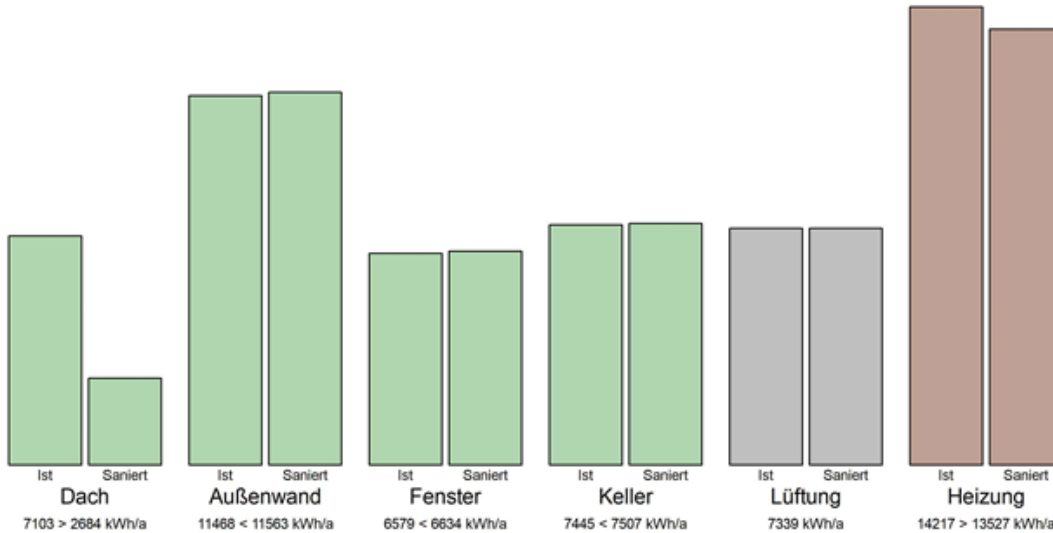


Abbildung 14 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 44.927 kWh/Jahr reduziert sich auf 40.225 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.702 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.145 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **296 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

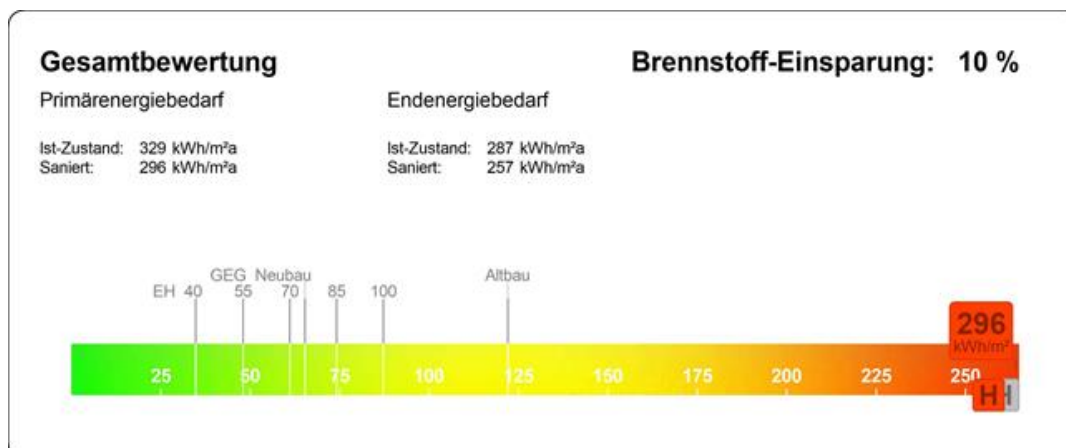


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	12.834 EUR
Mögliche Fördermittel	2.567 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>12.834 EUR</b>

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	534	16.020
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	5.839	175.170
Summe	6.373	191.190
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	6.399	191.970
<b>Einsparung</b>	<b>26</b>	<b>780</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 30 Jahre

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tabelle 14 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 3

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.436	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.136	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	4,00	%
Interner Zinsfuß	1,78	%



#### SV 4: HEIZUNGSTAUSCH (ERDGAS BRENNWERT-KESSEL)

Der alte Niedertemperatur-Kessel wird gegen einen modernen Erdgas Brennwert-Kessel getauscht. Dieser wurde mit einer Leistung von 14 kW simuliert. Ein hydraulischer Abgleich wurde in der Simulation ebenfalls durchgeführt, sowie ein Austausch der Temperaturregelung gegen Thermostatventile mit einem Auslegungsproportionalbereich von 1 K.

##### **BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung - Zuschuss**

<b>Info</b>	<i>Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, das erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung mit einem Anteil von mindestens 25 Prozent einbindet.</i>
<b>Förderquote</b>	<i>Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“</i>
<b>Fördersumme</b>	<i>Mindestinvestitionsvolumen 2.000 € (Brutto) max. 1.000 € pro m<sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €).</i>

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **3.911 €** gewährt werden! Dieser Zuschuss gilt nur, wenn die Gas-Brennwertheizung weitestgehend auf eine künftige Einbindung erneuerbarer Energien vorbereitet ist.

### Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 27 %.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

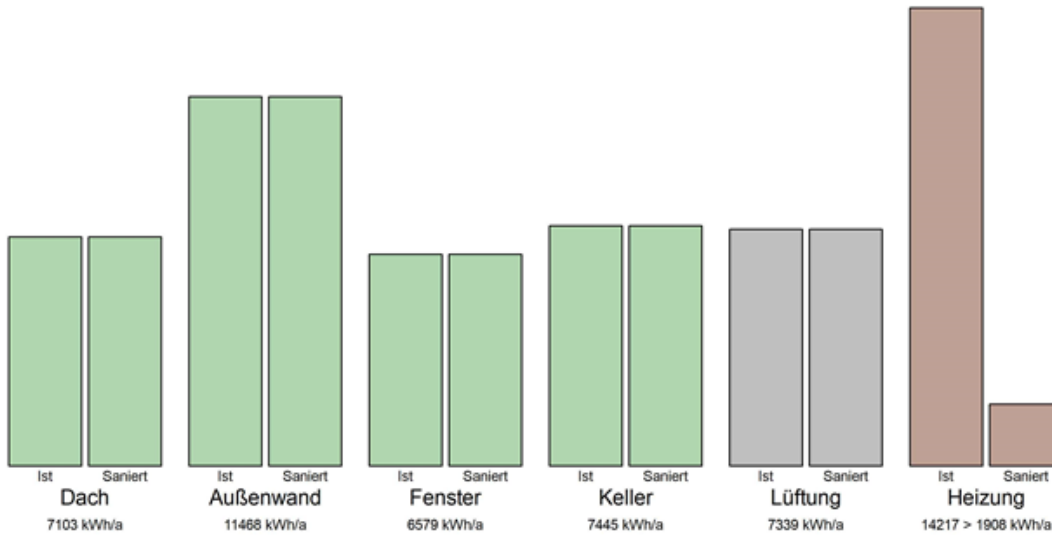


Abbildung 16 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 18066 kWh/Jahr reduziert sich auf 15715 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2350 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 516 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 237 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

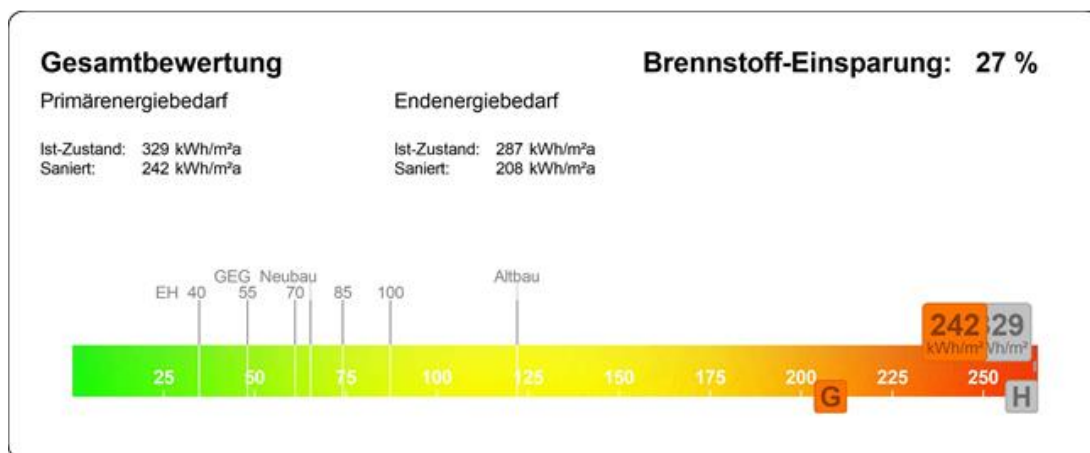


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	19.555 EUR
Mögliche Fördermittel	3.911 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>19.555 EUR</b>

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.139	22.780
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.042	80.840
Summe	5.181	103.620
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.220	104.400
<b>Einsparung</b>	<b>39</b>	<b>780</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 20 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tabelle 17 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, SV 4

Betrachtungszeitraum	20	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.436	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.661	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	1,80	%

## SV 5: PELLETHEIZUNG

In dieser Variante wird der Niedertemperatur- Kessel gegen eine Pelletheizung ausgetauscht. Die Pelletheizung wird auf eine Heizlast von 15 kW ausgelegt. Zusätzlich wird ein Pufferspeicher mit einem Nenninhalt von ca. 360 Litern eingesetzt und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Die Temperaturregelung wird auf Thermostatventile mit einem Auslegungsbereich von 1 K umgestellt. Für die Bevorratung des Brennmaterials (Pellets) muss ein geeigneter Lagerplatz/ Bunker errichtet werden. Hierfür kann ggf. das Dachgeschoss genutzt werden. Dafür müsste erst geklärt werden, ob die Statik des Dachbodens ausreichend ist. Die Pelletzufuhr könnte über die Holztür im Dachgeschoss (Süd-West) erfolgen. Eine weitere Möglichkeit wäre die Nutzung eines Abstellraumes. Das Lager muss trocken sein, damit die Pellets keine Feuchtigkeit aufnehmen können und letztlich verklumpen, wodurch sie als Brennstoff unbrauchbar würden. Ebenso wichtig ist eine entsprechende Belüftung des Lagerplatzes, da durch Ausgasung der Pellets Kohlenmonoxid frei wird. Brandschutzanforderungen sind ebenfalls zu beachten. Die Investitionen für das Pelletlager wurden für diese Berechnung miteinbezogen.

Der Nutzungsgrad liegt bei Pelletkesseln trotz Wirkungsgraden von ca. 91 %, ca. 15 % niedriger als bei Öl- oder Erdgas-Brennwertkesseln und somit nur zwischen 70 und 80 %. Dadurch ergibt sich ein entsprechend höherer Endenergiebedarf. Grund dafür ist der bei Pelletkesseln trotz in der Leistung gleitender Betriebsweise nötige Konstant-Temperaturbetrieb bei ca. 60-70° C mit den damit verbundenen größeren Wärmeverlusten.

Auch wenn mehr Endenergie eingesetzt wird, ist die Einsparung auf Seiten der Emissionsbildung ausschlaggebend.

Dieser Faktor wird insbesondere langfristig mit der steigenden CO<sub>2</sub>-Steuer eine wesentliche Rolle spielen.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden. Die technischen Mindestanforderungen zu dem Förderprogramm sind einzuhalten.

### **BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung - Zuschuss**

<b>Info</b>	<i>Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, das erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung mit einem Anteil von mindestens 25 Prozent einbindet.</i>
<b>Förderquote</b>	<i>Biomasseheizung: 35 %</i>
<b>Fördersumme</b>	<i>Mindestinvestitionsvolumen 2.000 € (Brutto) max. 1.000 € pro m<sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €).</i>

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **13.104 €** gewährt werden. Bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von maximal 2,5 mg/m<sup>3</sup> ist ein Förderbonus von 5 % möglich.

**Energieeinsparung - Variante 5 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen erhöht sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 1 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

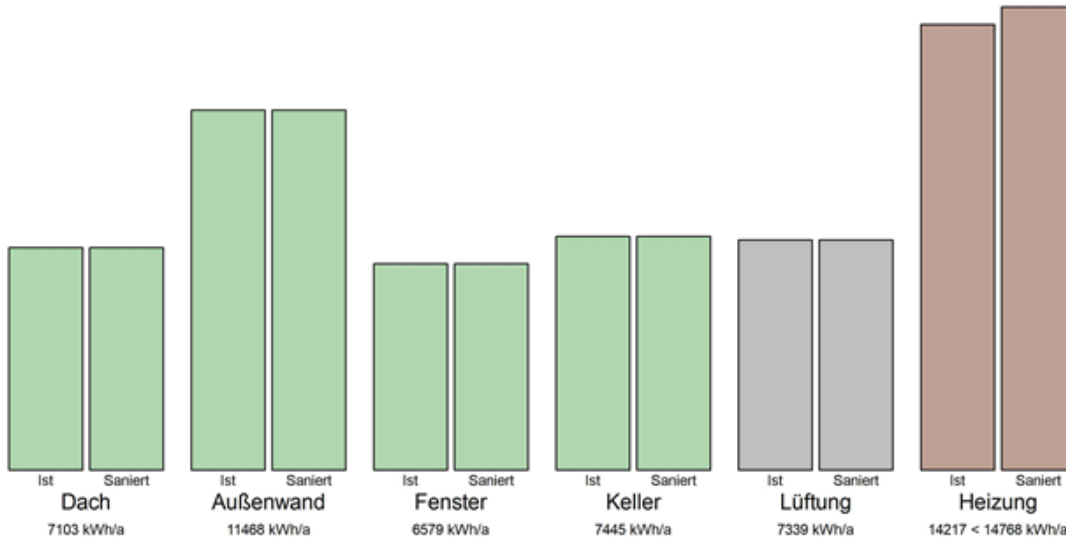


Abbildung 18 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 44.927 kWh/Jahr erhöht sich auf 45.478 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Erhöhung von 551 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 9.216 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 89 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

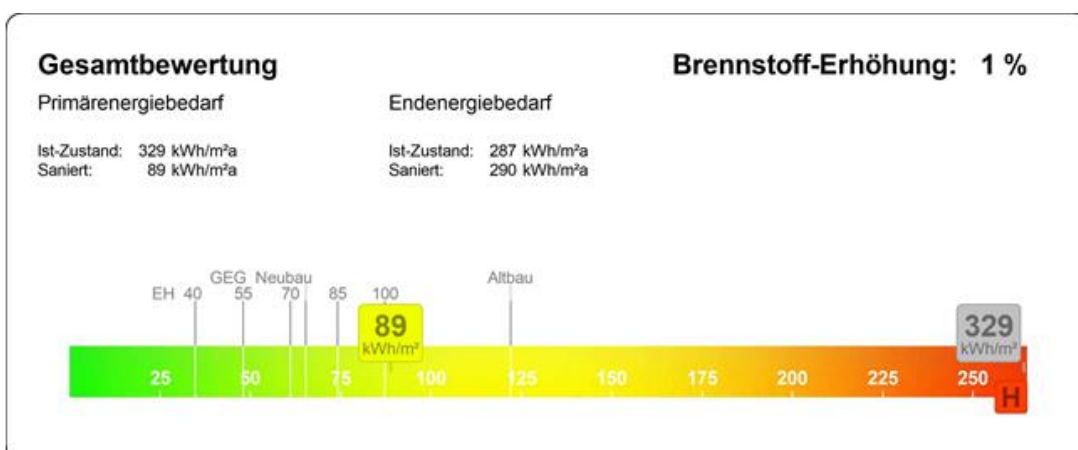


Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5*

Gesamtinvestitionen	37.440 EUR
Mögliche Fördermittel	13.104 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>37.440 EUR</b>

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

*Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 5*

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	1.559	46.770
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.537	136.110
Summe	6.096	182.880
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	<i>6.399</i>	<i>191.970</i>
<b>Einsparung</b>	<b>303</b>	<b>9.090</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 27 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

*Tabelle 20 Parameter Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, SV 5*

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.436	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.437	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	4,00	%
Interner Zinsfuß	2,57	%

## PV-ANLAGE

In dieser Variante wird eine PV-Dachanlage auf das Gebäude angebracht. Da keine Stromverbräuche vorhanden sind, wird mit einem durchschnittlichen Strombedarf von ca. 2.500 kWh/a pro Rentnerwohnung ausgegangen, um eine Auslegung einer PV-Anlage durchzuführen.



Klimadaten	Horst, DEU
Quelle der Werte	DWD
PV-Generatorleistung	11,84 kWp
PV-Generatorfläche	59,8 m <sup>2</sup>
Anzahl PV-Module	32
Anzahl Wechselrichter	1
Anzahl Batteriesysteme	1

### Ertragsprognose

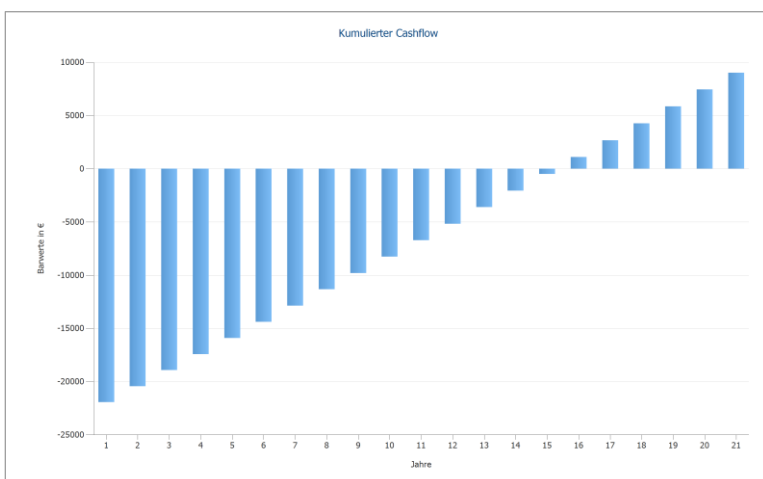
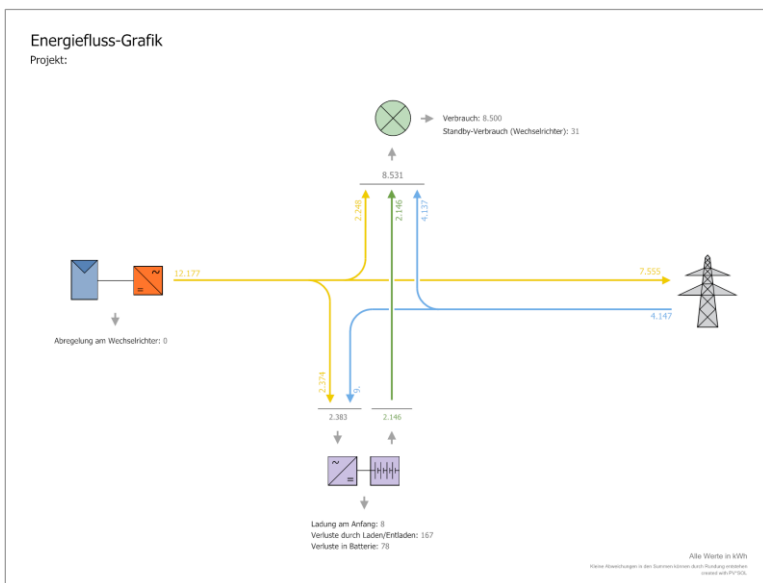
PV-Generatorleistung	11,84 kWp
Spez. Jahresertrag	1.025,81 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	88,71 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,0 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	12.177 kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	2.248 kWh/Jahr
Batterieladung	2.374 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	7.555 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	37,8 %
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen	5.593 kg/Jahr
Autarkiegrad	51,4 %

## Batteriesystem

Modell	BYD B-Box Premium HVS 7.7 (7.68 kWh) + SMA Sunny Boy Storage 2.5 (v1)
Hersteller	SMA Solar Technology AG
Anzahl	1
Batteriewechselrichter	
Art der Kopplung	AC Kopplung
Nennleistung	2,5 kW
Batterie	
Hersteller	BYD Company Ltd.
Modell	HVS (v1)
Anzahl	3
Batterieenergie	7,7 kWh
Batterietyp	Lithium-Eisen-Phosphat

## Ihr Gewinn

Gesamte Investitionskosten	23.360,00 €
Gesamtkapitalrendite	4,07 %
Amortisationsdauer	15,3 Jahre
Stromgestehungskosten	0,102 €/kWh
Bilanzierung / Einspeisekonzept	Überschusseinspeisung





#### MK 1: MAßNAHMENKOMBINATION SV1-SV4

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Außenwandsanierung
- SV2: Fenster- und Türenaustausch
- SV3: OGD-Dämmung
- SV4: Heizungstausch (Erdgas Brennwert-Kessel)

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 55 % und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 53 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

### Energieeinsparung – Maßnahmenkombination 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 57 %.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

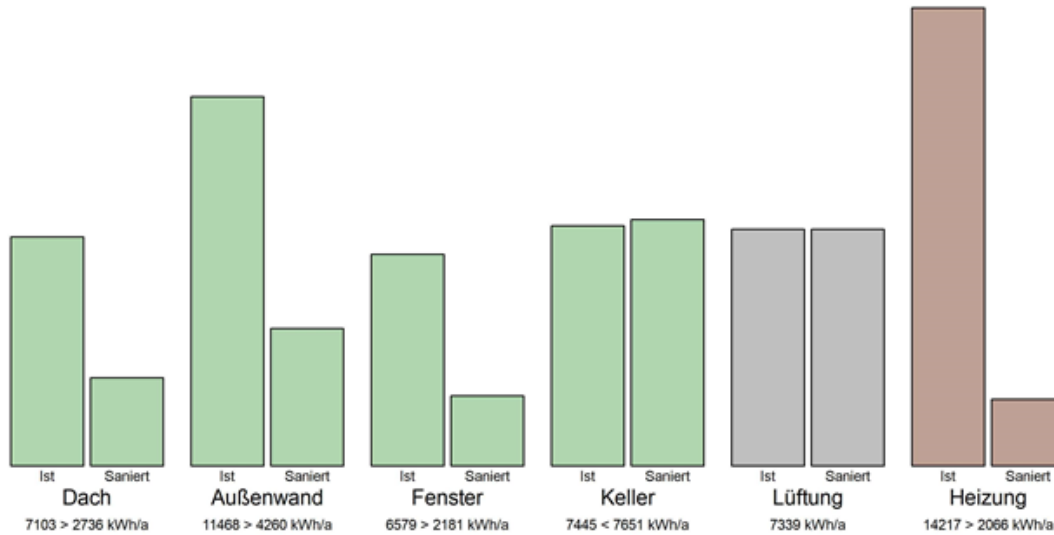


Abbildung 20 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 44.927 kWh/Jahr reduziert sich auf 19.390 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 25.537 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 6.203 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **149 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

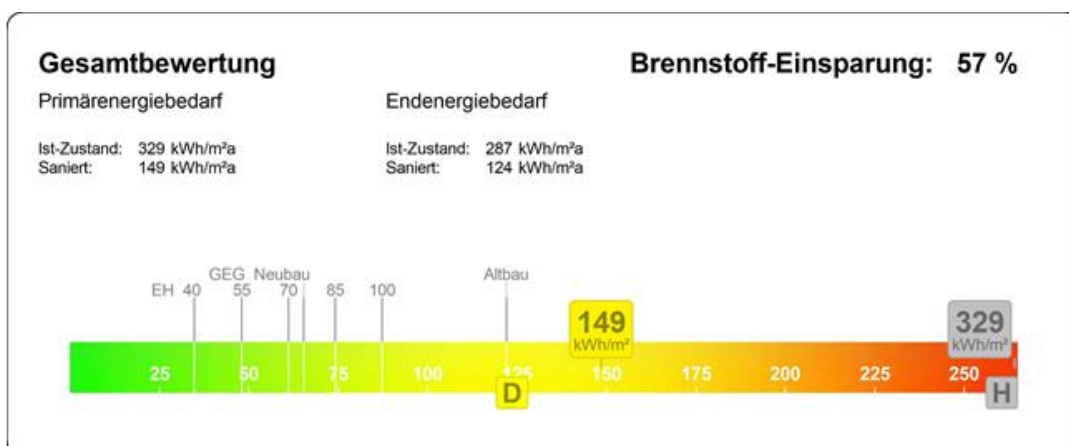


Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Maßnahmenkombination 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **93.227 €**.

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 21 Einsparpotenzial, MK 1

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	3.882	116.460
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	3.367	101.010
Summe	7.249	217.470
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	6.399	191.970
<b>Einsparung</b>	<b>-850</b>	<b>-25.500</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tabelle 22 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, MK 2

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.436	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.808	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	0,10	%

## MK 2: MAßNAHMENKOMBINATION SV1-SV3+SV5

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

- SV1: Außenwandsanierung
- SV2: Fenster- und Türenaustausch
- SV3: OGD-Dämmung
- SV5: Pelletheizung

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 80 % und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 82 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

### Energieeinsparung – Maßnahmenkombination 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 40 %.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

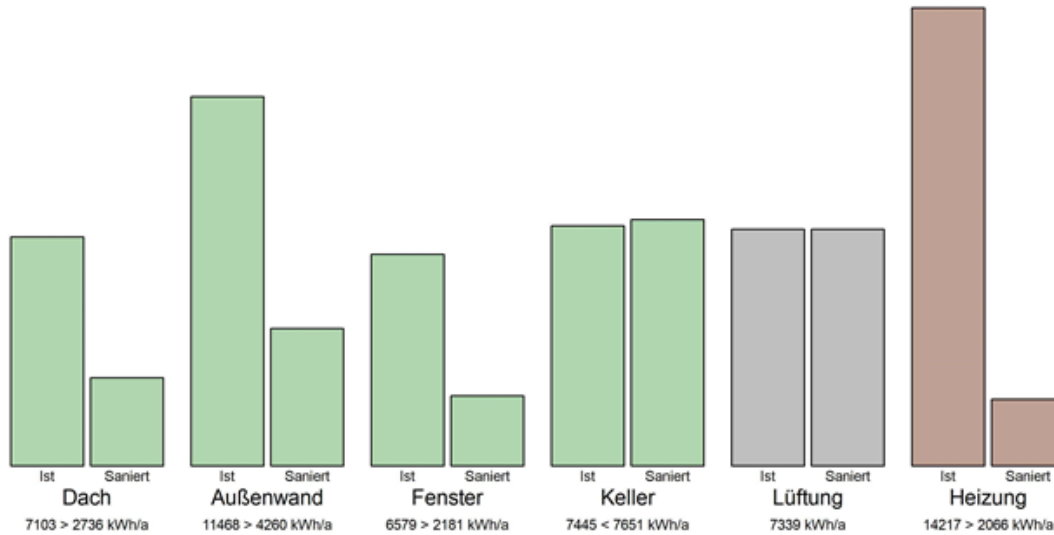


Abbildung 22 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 44.927 kWh/Jahr reduziert sich auf 26.923 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 18.004 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 9.600 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 65 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

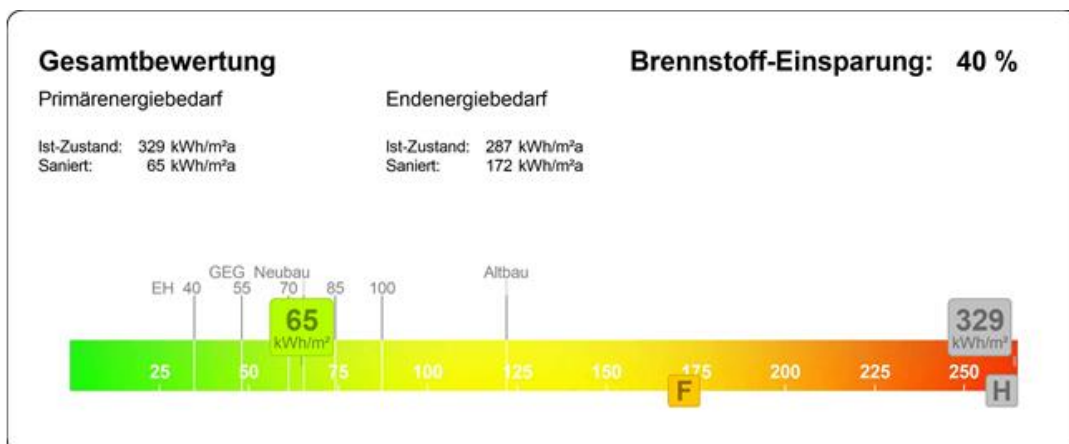


Abbildung 23 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 2

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Maßnahmenkombination 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **111.112 €**.

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 23 Einsparpotenzial, MK 2

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	4.627	138.810
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	3.059	91.770
Summe	7.686	230.580
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	6.399	191.970
<b>Einsparung</b>	<b>-1.287</b>	<b>-38.610</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Tabelle 24 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung, MK 2

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.436	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.643	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

## FAZIT

Das Wohngebäude in der Heimstraße 38-44, welches als Rentnerheim genutzt wird, weist einen energetischen Sanierungsbedarf auf. Die letzten Maßnahmen fanden 1993 statt, somit sind sowohl die opaken Bauteile als auch die Fenster, Terrassen- und Außentüren sanierungsbedürftig. Auch die Anlagentechnik ist veraltet und ein Wechsel auf effizientere Heizungsanlagen ist unumgänglich.

Um Energie- und Betriebskosten zu minimieren, empfiehlt es sich kurzfristig die Heizungsanlage zu wechseln, in Kombination mit dem Fenster- und Türenaustausch. Die Pelletheizung ist, sollte es hinsichtlich der Statik des Dachbodens oder der Nutzung eines Abstellraumes möglich sein, die empfehlenswertere Variante. Kurz- bis mittelfristig ist die Sanierung der Gebäudehülle wichtig.

Durch eine Kombination der vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen mit einem Erdgas Brennwert-Kessel wären Einsparungen an Endenergie von ca. 57 % bzw. an CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 53 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Durch eine Kombination der vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen mit einem Pelletkessel wären Einsparungen an Endenergie von ca. 40 % und an CO<sub>2</sub>-Emissionen sogar von ca. 82 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich.

Um die vollständige Fördersumme für Einzel- oder Gesamtsanierungen auszuschöpfen, sollten Fördermittel rechtzeitig beantragt und auf die Möglichkeit der Kombination mit weiteren Maßnahmen geprüft werden.

## ANHANG

### A.1 GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

#### **Energiebedarf**

Energiemenge, die unter genormten Bedingungen (z. B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, zu erreichende Innentemperatur, angenommene innere Wärmequellen) für Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (nur Wohngebäude) zu erwarten ist. Diese Größe dient der ingenieurmäßigen Auslegung des baulichen Wärmeschutzes von Gebäuden und ihrer technischen Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung sowie dem Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden. Der tatsächliche **Verbrauch** weicht in der Regel wegen der realen Bedingungen vor Ort (z. B. örtliche Klimabedingungen, abweichendes Nutzerverhalten) vom berechneten Bedarf ab.

#### **Jahres-Primärenergiebedarf**

Jährliche Endenergiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des Brennstoffes und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik mithilfe der für die jeweiligen Energieträger geltenden Primärenergiefaktoren auch die Energiemenge einbezieht, die für die Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe (vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes) erforderlich ist.

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO<sub>2</sub>-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energiesparverordnung.



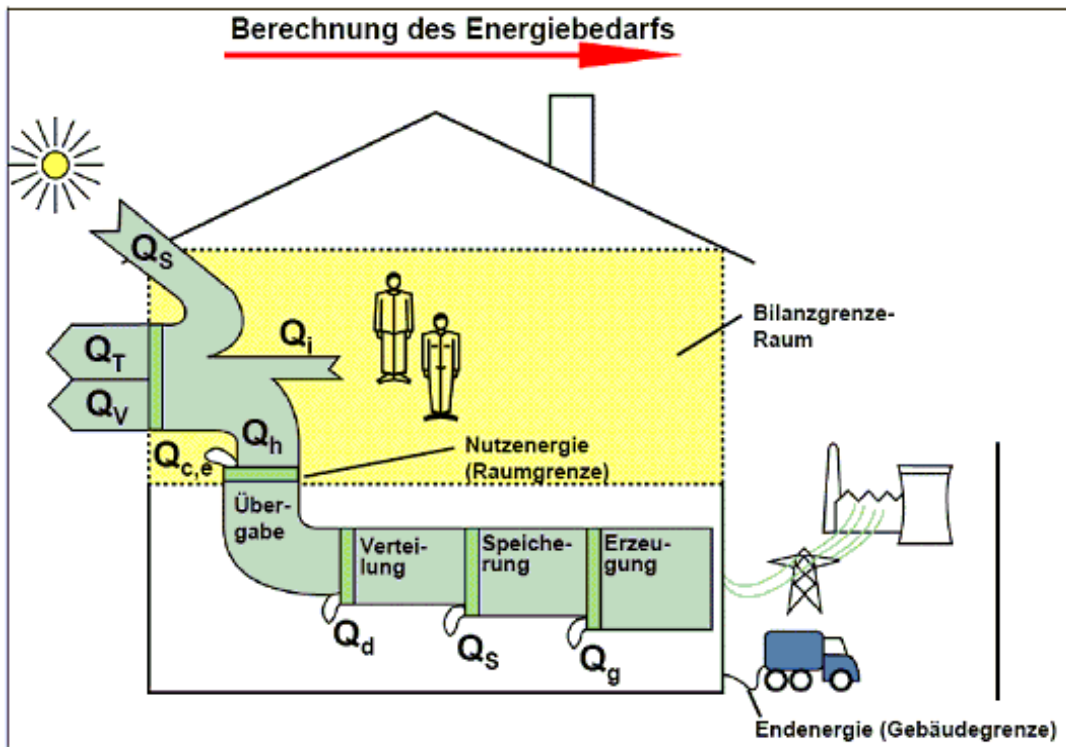


Abbildung 24 Primärenergie

### Endenergiebedarf

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

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

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

### Nutzenergie

Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne.

### Transmissionswärmeverluste $Q_T$

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

### **Lüftungswärmeverluste $Q_v$**

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

### **Trinkwassererwärmung**

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

### **U-Wert (früher k-Wert)**

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

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

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

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

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

### **Anlagenverluste**

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

### **Wärmebrücken**

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

### **Gebäudevolumen $V_e$**

Das beheizte Gebäudevolumen ist das an Hand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch

Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder aber nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

### **Wärmeübertragende Umfassungsfläche A**

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

### **Kompaktheit A/V**

Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen ist eine Aussage zur Kompaktheit des Gebäudes.

### **Gebäudenutzfläche A<sub>N</sub>**

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