



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

**FÜR DIE  
„FEUERWEHR HERZHORN“  
IM AMT HORST-HERZHORN**

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

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

Greven, den 03.12.2021

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	4
TABELLENVERZEICHNIS .....	4
1 Einleitung.....	6
2 Zusammenfassung .....	8
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	8
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ .....	9
2.3 GESAMTINVESTITIONEN .....	11
2.4 FAHRPLAN DER SANIERUNGSVARIANTEN .....	12
3 Ausgangssituation.....	13
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES .....	13
3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021) ..	15
3.3 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	16
3.3.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung.....	16
3.4 ANLAGENTECHNIK.....	18
3.4.1 Heizungsanlage.....	18
3.4.2 Warmwasserbereitung.....	18
3.4.3 Beleuchtung .....	18
3.4.4 Lüftungstechnik.....	18
3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	20
3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	20
3.5.2 Verbrauchskennwerte.....	21
3.5.3 Energiekosten .....	22
3.5.4 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	23
3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	25
4 Sanierungsvarianten.....	26
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	26
4.2 SV 1: AUSSENWANDDÄMMUNG .....	27
4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH .....	30
4.4 SV 3: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG .....	33
4.5 SV 4: BELEUCHTUNGSTAUSCH.....	36
4.6 SV 5: HYDRAULISCHER ABGLEICH .....	39
4.7 SV 6: WÄRMEPUMPE + PV .....	42

4.8	MK 1: MASSNAHMENKOMBINATION 1 .....	46
5	Anhang .....	49
A.1	GLOSSAR .....	49

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf $Q_E$ [kWh/a] .....	8
Abbildung 2 Endenergiebedarf $Q_E$ [kWh/a] .....	8
Abbildung 3 Endenergiebedarf $Q_E$ [kWh/a] .....	9
Abbildung 4 Endenergiebedarf $Q_E$ [kWh/a] .....	10
Abbildung 5 Gesamtinvestitionen [€] .....	11
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 17.11.2021.....	13
Abbildung 7 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes .....	13
Abbildung 8 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft .....	21
Abbildung 9 Energieverbrauchskennwerte .....	22
Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger.....	23
Abbildung 11 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1 .....	28
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 .....	28
Abbildung 13 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2 .....	31
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	31
Abbildung 15 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3 .....	34
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	34
Abbildung 17 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4 .....	37
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 .....	37
Abbildung 19 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5 .....	40
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	40
Abbildung 21 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6 .....	44
Abbildung 22 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6 .....	44
Abbildung 23 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1.....	47
Abbildung 24 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1.....	47
Abbildung 25 Primärenergie.....	50

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung .....	12
Tabelle 2 Allgemeine Daten.....	14
Tabelle 3 Gebäudekennwerte .....	16
Tabelle 4 Fortsetzung Gebäudekennwerte .....	17

Tabelle 5 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart .....	21
Tabelle 6 Energieverbrauchskennwerte.....	22
Tabelle 7 Bezugskosten nach Energieträger .....	23
Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1.....	29
Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV 1.....	29
Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2 .....	32
Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV 2 .....	32
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3 .....	35
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 3 .....	35
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4 .....	38
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 4 .....	38
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5 .....	41
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 5 .....	41
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6 .....	45
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 6 .....	45
Tabelle 20 Einsparpotenzial, MK 1.....	48

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energiebericht für das Feuerwehrgerätehaus in Herzhorn wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes 2.2 „Energiemanagementsysteme“ der Kommunalrichtlinie erstellt. Die Projektträgerschaft wird zum 01.01.2022 von der Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH übernommen. Bis dahin ist der Projektträger Jülich (PtJ) für die Betreuung der Förderanträge aus der Kommunalrichtlinie zuständig, sodass im Folgenden die Bewertungskriterien des Förderschwerpunktes des PtJ berücksichtigt werden.

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 emp-

---

<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>

fehlerhaft, bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Zudem 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.

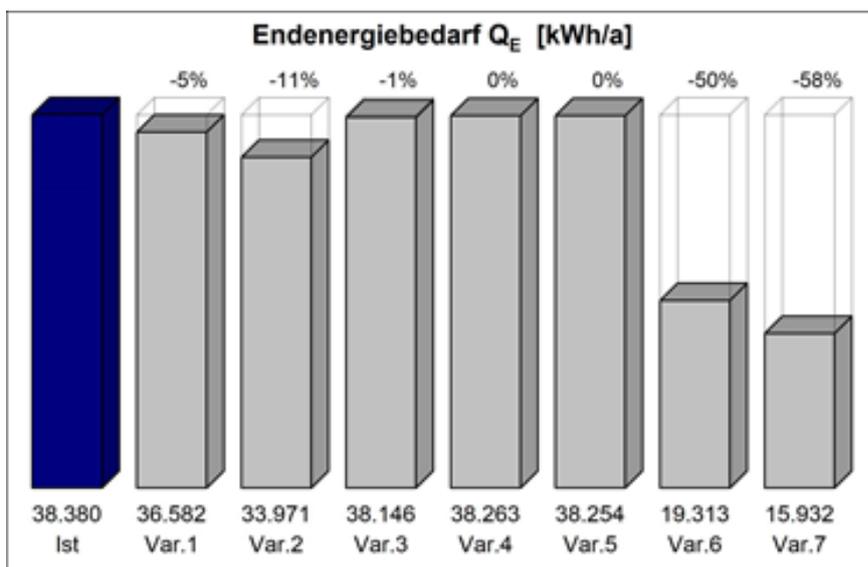
---

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

## 2 ZUSAMMENFASSUNG

### 2.1 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.



*Ist-Zustand*

*Var.1 - Außenwanddämmung*

*Var.2 - Fenster- und Türentausch*

*Var.3 - Oberste Geschossdeckendämmung*

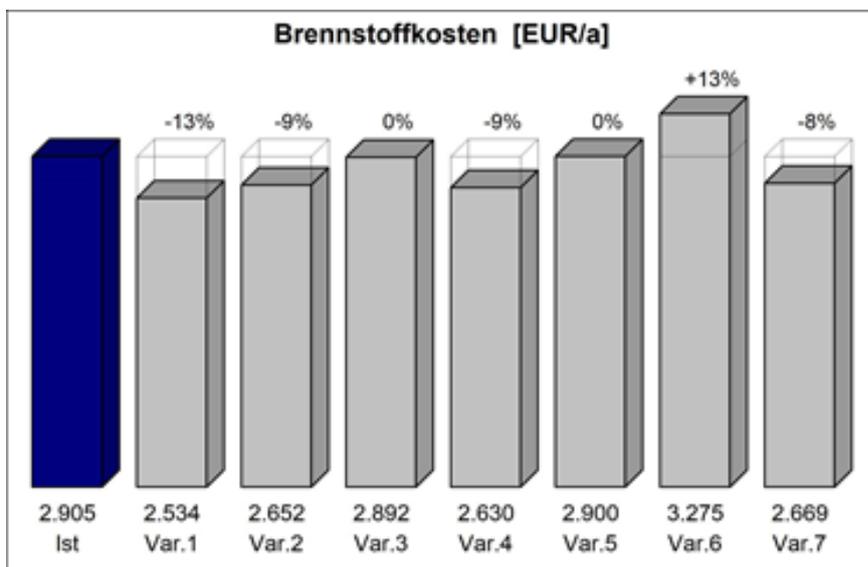
*Var.4 - LED-Beleuchtung*

*Var.5 - Hydraulischer Abgleich*

*Var.6 - Wärmepumpe + PV-Anlage*

*Var.7 - Maßnahmenkombination*

Abbildung 1 Endenergiebedarf  $Q_E$  [kWh/a]



*Ist-Zustand*

*Var.1 - Außenwanddämmung*

*Var.2 - Fenster- und Türentausch*

*Var.3 - Oberste Geschossdeckendämmung*

*Var.4 - LED-Beleuchtung*

*Var.5 - Hydraulischer Abgleich*

*Var.6 - Wärmepumpe + PV-Anlage*

*Var.7 - Maßnahmenkombination*

Abbildung 2 Endenergiebedarf  $Q_E$  [kWh/a]

## 2.2 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.

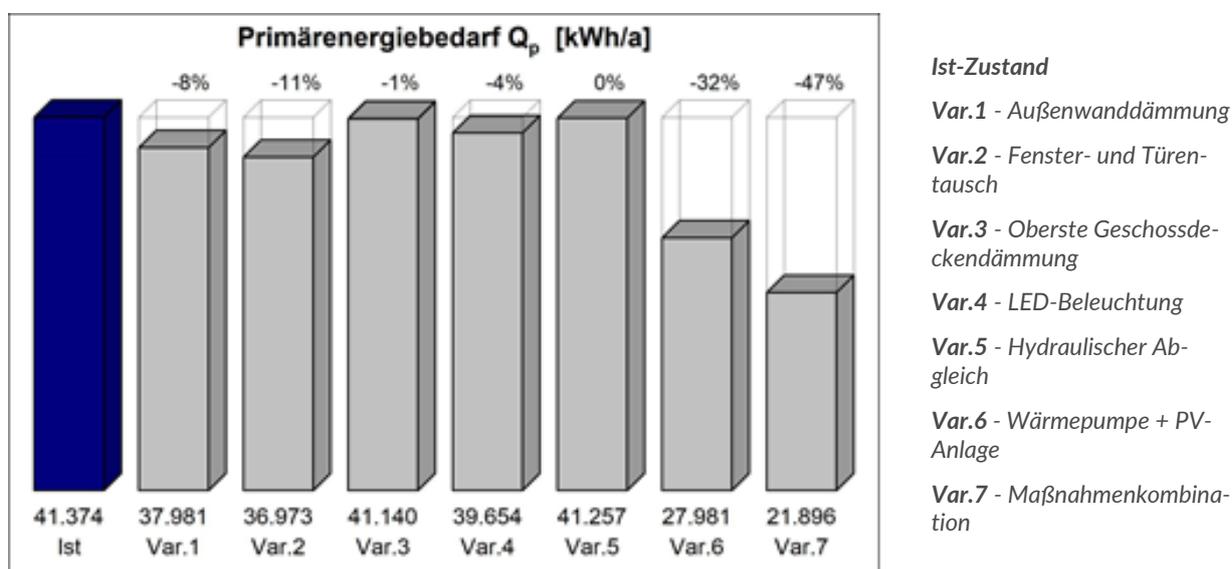
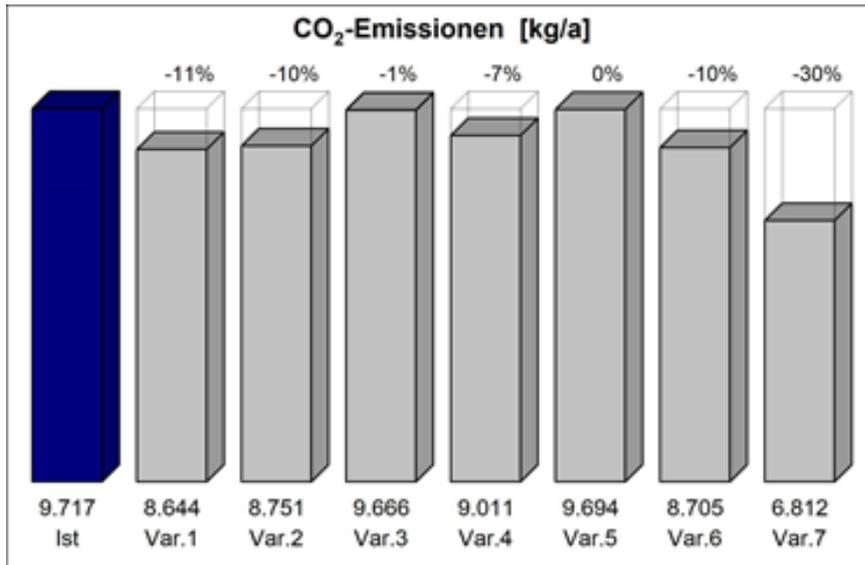


Abbildung 3 Endenergiebedarf Q<sub>E</sub> [kWh/a]



**Ist-Zustand**

**Var.1** - Außenwanddämmung

**Var.2** - Fenster- und Türens-tausch

**Var.3** - Oberste Geschossde-ckendämmung

**Var.4** - LED-Beleuchtung

**Var.5** - Hydraulischer Ab-gleich

**Var.6** - Wärmepumpe + PV-Anlage

**Var.7** - Maßnahmenkombina-tion

Abbildung 4 Endenergiebedarf  $Q_E$  [kWh/a]

### 2.3 GESAMTINVESTITIONEN

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

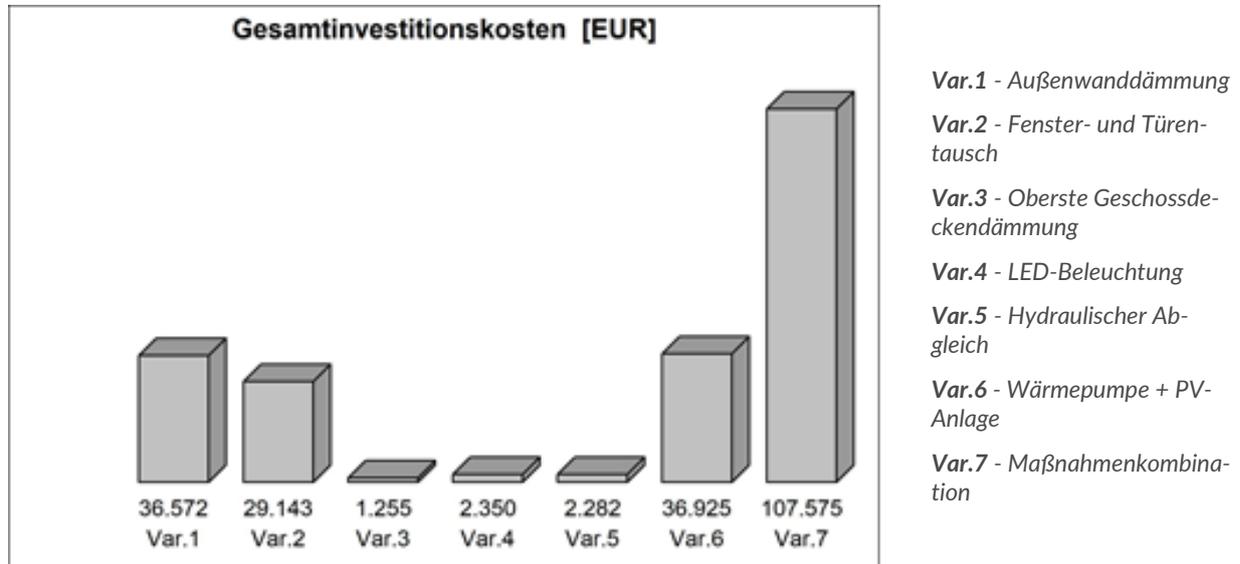


Abbildung 5 Gesamtinvestitionen [€]

## 2.4 FAHRPLAN DER SANIERUNGSVARIANTEN

Die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten können mit der nachfolgenden Reihenfolge geplant und umgesetzt werden.

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: Beleuchtungstausch	707	2.350€	823€ 35% PtJ - Beleuchtungssanierung (2.9)	8
Schritt 2: Oberste Geschossdeckendämmung	51	1.255€	251€ 20 % BAFA - BEG EM	-
Schritt 3: Außenwanddämmung	1.073	36.572€	7.314€ 20 % BAFA - BEG EM	-
Schritt 4: Fenster- und Türentausch	967	29.143€	5.829€ 20 % BAFA - BEG EM	-
Schritt 5: Wärmepumpe + PV-Anlage	1.012	36.925€	8.374€ 35% Wärmepumpe BAFA – BEG EM	-
<b>Summe</b>	<b>3.810</b>	<b>106.245€</b>	<b>22.591€ mit 21,3% mittlere Förderquote</b>	<b>-</b>

Ein hydraulischer Abgleich wird beim Einsatz einer Wärmepumpe ebenfalls durchgeführt, weshalb der hydraulische Abgleich als einzelne Sanierungsvariante in diesem Fahrplan nicht aufgelistet ist.

### 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.

### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Das Feuerwehrgerätehaus Herzhorn wurde im Jahr 1986 an der Hinterstraße 21b in 25379 Herzhorn errichtet (vgl. Abbildung 6). Im Jahr 2009 wurde das Gebäude durch einen Anbau erweitert.



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 03.12.2021

Das Gebäude wurde in Massivbauweise mit Satteldach errichtet. (vgl. Abbildung 7).

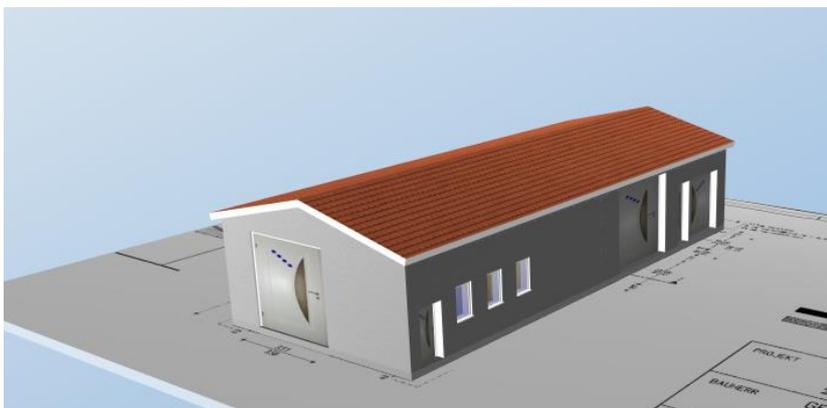


Abbildung 7 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes

Das Mauerwerk besteht aus einer 24 cm dicken Innenschale, aus Kalksandsteinmauerwerk, einer 7,5 cm dicken Wärmedämmung und einer 11,5 cm dicken roten Verblendung. Das Innenmauerwerk besteht aus einem 11,5 cm dicken Kalksandsteinmauerwerk.

Das Gebäude verfügt über ein Satteldach mit 15° Dachneigung aus Holzfachwerkbinder. Das Dach ist mit schwarzem Welleternit eingedeckt. Die Dachverkleidung ist innen mit Rigips auf Sparschalung ausgestattet, zwischen den Sparren ist eine Wärmedämmung aus 10 cm dicker Mineralwolle verlegt.

Die Wand- und Deckenflächen verfügen über einen waschfesten Farbanstrich.

Der gesamte Fußboden ist mit einem säure- und ölbeständigen Steinzeugfußboden versehen. Der WC-Raum und die Wandflächen über der Arbeitsplatte im Vorraum sind gefliest.

Die Eingangstür und die Fenster sind aus Kunststoff gefertigt worden.

*Tabelle 2 Allgemeine Daten*

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Feuerwehr Herzhorn</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Nichtwohngebäude</i>
<i>Straße, Hausnr.</i>	<i>Hinterstraße 21b</i>
<i>PLZ, Ort</i>	<i>25379 Herzhorn</i>
<i>Baujahr</i>	<i>1986, 2009</i>
<i>Beheiztes Gebäudevolumen V</i>	<i>757 m<sup>3</sup></i>
<i>Energiebezugsfläche A<sub>EBF</sub></i>	<i>301 m<sup>2</sup></i>
<i>Thermische Hüllfläche</i>	<i>389 m<sup>2</sup></i>
<i>Mittlere Geschosshöhe</i>	<i>ca. 3,50 m</i>

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

3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021).



### 3.3 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.

#### 3.3.1 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>	KfW-Förderung <sup>6</sup>
<b>Bodenplatte Altbau</b>	0,61	0,30	0,25
<b>Bodenplatte Anbau</b>	0,40	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Decken nach unten gegen Erdreich</i>			
<b>Außenwand Altbau</b>	0,60	0,24	0,20
<b>Außenwand Anbau</b>	0,30	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			

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

<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 KfW-Effizienzhäusern. Die Anforderungen Stand Juli 2015 können jederzeit aktualisiert werden.

Tabelle 4 Fortsetzung Gebäudekennwerte

<b>Bauteil</b>	<b>U-Wert [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>		
<b>Dach Altbau</b>	<b>0,50</b>	0,20	0,14
<b>Dach Anbau</b>	<b>0,30</b>	0,20	0,14
<i>Bauteilgruppe: Dachflächen</i>			
<b>Fenster Altbau</b>	<b>3,00</b>	1,30	0,95
<b>Fenster Anbau</b>	<b>1,30</b>	1,30	0,95
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
<b>Außentüren</b>	<b>3,50</b>	1,80	1,30
<i>Bauteilgruppe: Außentüren</i>			

### 3.4 ANLAGENTECHNIK

#### 3.4.1 Heizungsanlage

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

Erzeugung	<i>Brennwert-Kessel aus dem Jahre 2017</i> Junkers Cerapur HM ZSB 14 Nennleistung 15 kW Energieträger: Erdgas
Verteilung	<i>Verteilung 1</i> kein hydraulischer Abgleich Leitungen teilweise gedämmt Umwälzpumpe leistungsgeregelt
Übergabe	<i>Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)'</i> Regelung: 'P-Regler'

#### 3.4.2 Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung in den Sanitärräumen erfolgt über ein dezentral angeordnetes, elektrisches 5,0 l-Untertischgerät. Eine detaillierte Betrachtung der Warmwasserbereitung wurde daher nicht vorgenommen.

#### 3.4.3 Beleuchtung

Im betrachteten Gebäude befinden sich ein- bzw. mehrflamige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58W sowie mit konventionellem Vorschaltgeräten (KVG).

Die Ermittlung der elektr. Leistung wurde über das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-Teil 4 bestimmt.

Mit Ermittlung der elektrischen Leistung und der jährlichen Nutzungsdauer der bestehenden Beleuchtungsanlage wird der jährliche Energieeinsatz pro Gebäude bzw. Beleuchtungszone bestimmt.

#### 3.4.4 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 Lüf-

tung 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.

## 3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

### 3.5.1 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 Wasser der letzten drei Jahre für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Die Verbrauchsdaten für die Heizung (Gas) stehen nicht zur Verfügung und konnten daher in den Ausführungen nicht weiter betrachtet werden. Die Verbrauchswerte wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

Daten zum Gasverbrauch der letzten drei Jahre liegen nicht vor und konnten somit nicht verarbeitet werden.

Tabelle 5 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

Jahr	2018	2019	2020	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	-	-	-	-
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,11	1,10	1,12	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	-	-	-	-
Strom [kWh/a]	1.380	809	1.741	<b>1.310</b>
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	-	-	-	-
Wasser [m³/a]	1	2	1	<b>1</b>

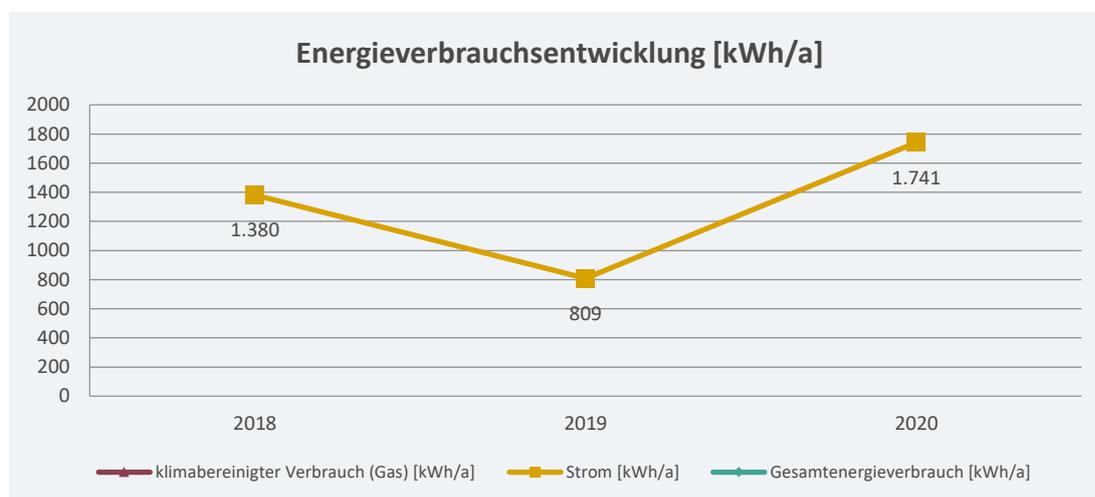


Abbildung 8 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

### 3.5.2 Verbrauchskennwerte

Das Verfahren des Verbrauchskennwertvergleiches ermöglicht es, die spezifischen Verbrauchsdaten der Objekte mit Werten ähnlicher Referenzgebäude zu vergleichen. Dadurch können Einspar- und Sanierungspotenziale identifiziert werden. Energieeffizienzmaßnahmen sind besonders dann sinnvoll und wirtschaftlich, wenn die eigenen Energieverbrauchskennwerte deutlich über den Grenzwerten liegen.

Für die Liegenschaften der Gemeinde wurde der Mittelwert aus den Strom- und Wasserverbrauchsdaten der letzten drei Jahre (2018, 2019, 2020) gebildet und durch die Netto-Grundfläche von 301 m<sup>2</sup> dividiert. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005)  
 Zielwert: Unterer Quartilsmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch))  
 Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

Tabelle 6 Energieverbrauchskennwerte

Feuerwehren		Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert	
Strom	5	4	19	
Wärme	58	-	124	
Wasser	34	4	230	

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Amt Horst-Herzhorn

Als Orientierung zur Einstufung von Verbrauchswerten in den verschiedenen Medienbereichen (Strom, Wärme, Wasser) werden zunächst statistische Erhebungen über Energieverbräuche und Energiekosten herangezogen. Nachfolgende Grafik stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser dar.

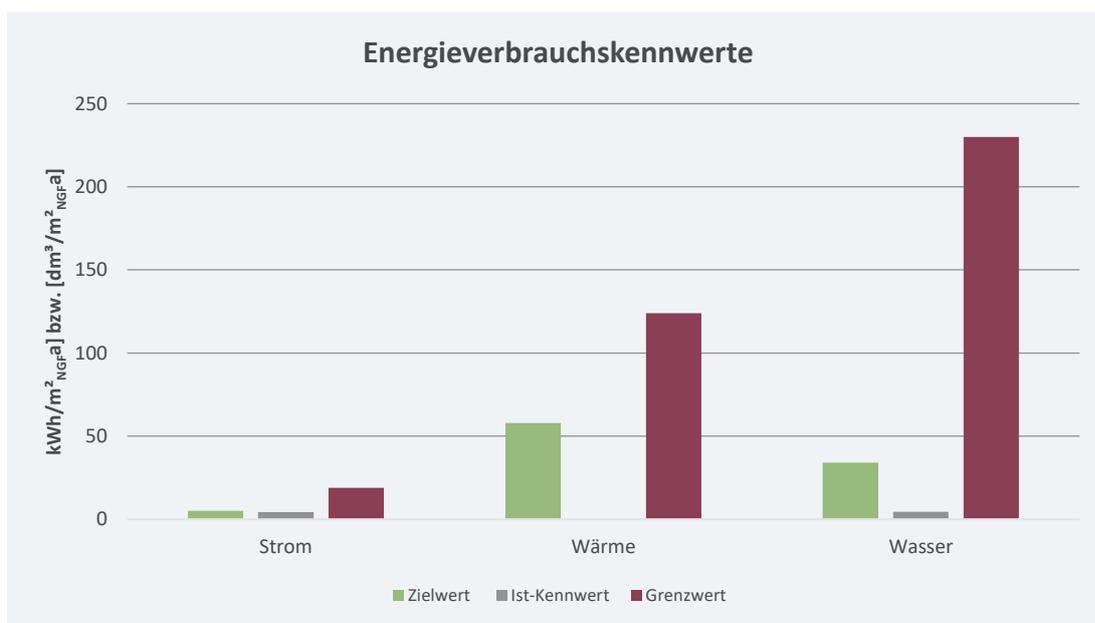


Abbildung 9 Energieverbrauchskennwerte

### 3.5.3 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 7 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Preis [€/kWh]	CO <sub>2</sub> [g/kWh]
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.

\*Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde der tatsächliche Erdgaspreis um die CO<sub>2</sub>-Steuer für 2021 erhöht. Die tatsächlichen durchschnittlichen Erdgaspreise der letzten drei Jahre liegen bei rund 4 Cent/kWh (ohne CO<sub>2</sub>-Steuer).

### 3.5.4 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 – Energierferenzprognose“ ab ca. 2025.

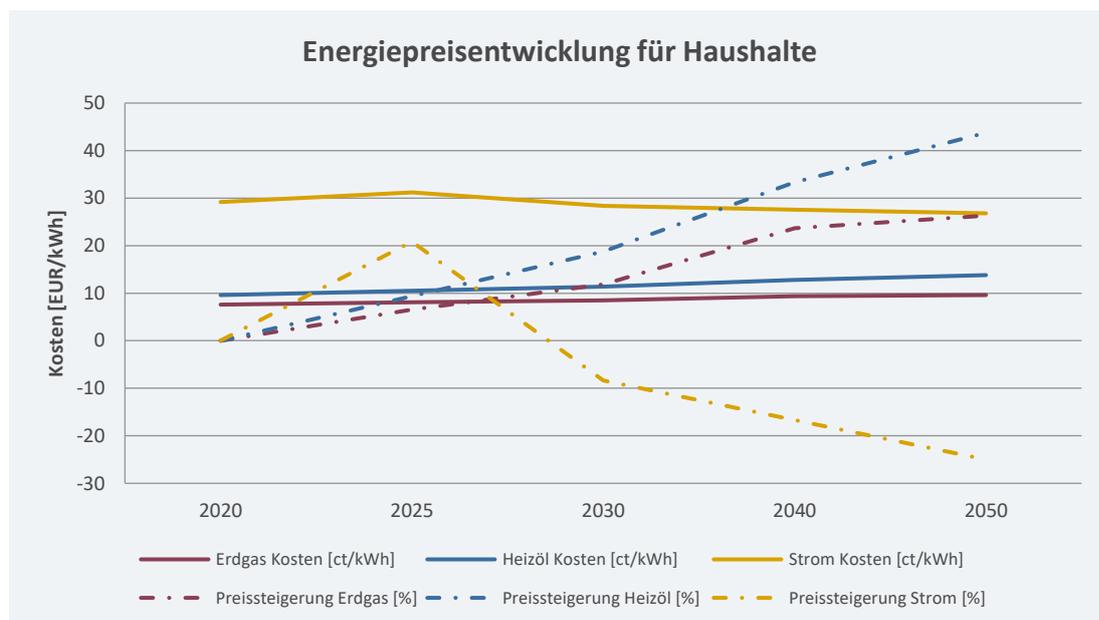


Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger  
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

Basierend auf die zukünftige Preisentwicklung der fossilen Energieträger wurden folgende Preissteigerungen in den Sanierungsvarianten hinterlegt:

- ▶ kalkulatorischer Zinssatz 1,50 %
- ▶ jährliche Preissteigerung - hier Inflation 2,00 %
- ▶ jährliche Preissteigerung Erdgas 3,50 %
- ▶ jährliche Preissteigerung Pellets 1,50 %
- ▶ jährliche Preissteigerung Strom 2,50 %

### 3.6 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

## 4 SANIERUNGSVARIANTEN

### 4.1 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:**

- Var.1 – SV 1: Außenwanddämmung
- Var.2 - SV 2: Fenster- und Türentausch
- Var.3 - SV 3: Oberste Geschossdeckendämmung
- Var.4 - SV 4: Beleuchtungstausch
- Var.5 - SV 5: Hydraulischer Abgleich
- Var.6 - SV 6: Wärmepumpe + PV
- Var.7 – MK 1: Maßnahmenkombination 1

## 4.2 SV 1: AUSSENWANDDÄMMUNG

Die Wandflächen des Feuerwehrhauses Herzhorn werden entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. 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 mit einem Lambda-Wert von  $0,040 \text{ W/mK}$  und einer Dicke von ca. 4 cm am Anbau bzw. 10 cm an den Außenwänden des Altbaus ausreichen. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung sollte der geforderte U-Wert deutlich unterschritten werden. In dieser SV wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert in Höhe von  $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt. Dieser Wert wird mit einem Lambda-Wert von  $0,032 \text{ W/mK}$  und einer Dämmstoffstärke von 12 cm auf dem Altbau sowie einer Stärke von 6 cm auf dem Anbau erreicht. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

Die Wandflächen werden für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht und verdübelt. Die Gestaltung der äußeren Schicht kann individuell z. B. durch Putz, eine Vorhangfassade oder Klinker erfolgen. Die unteren Wandflächenbereiche sollten bis zu einer Höhe von mindestens 2,00 m gegen Vandalismus entsprechend geschützt werden. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte durch einen Bauphysiker geprüft und begleitet 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 **7.314 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 1 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 5 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

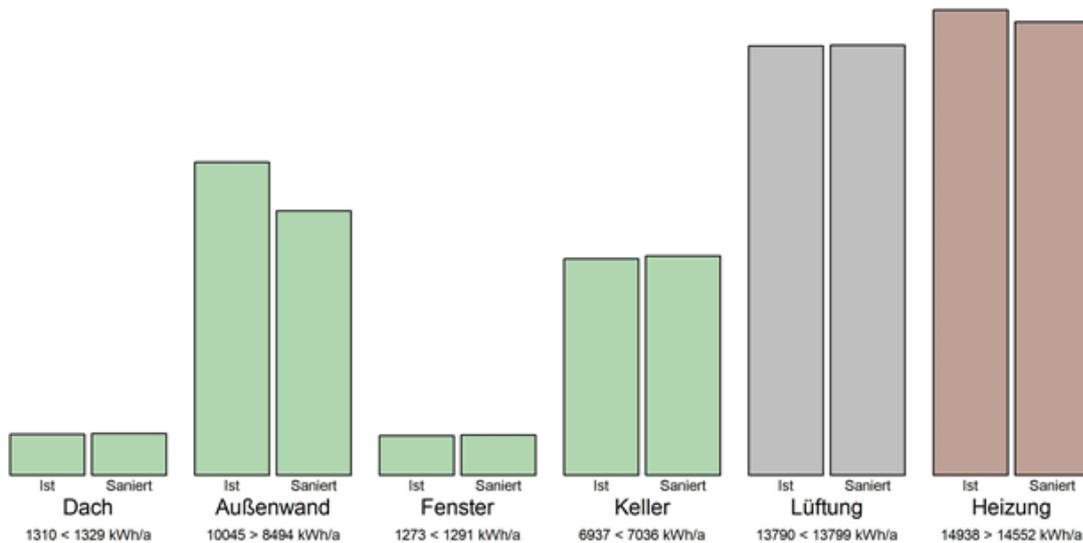


Abbildung 11 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 38.380 kWh/Jahr reduziert sich auf 36.582 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.798 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.073 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 **126 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelegte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

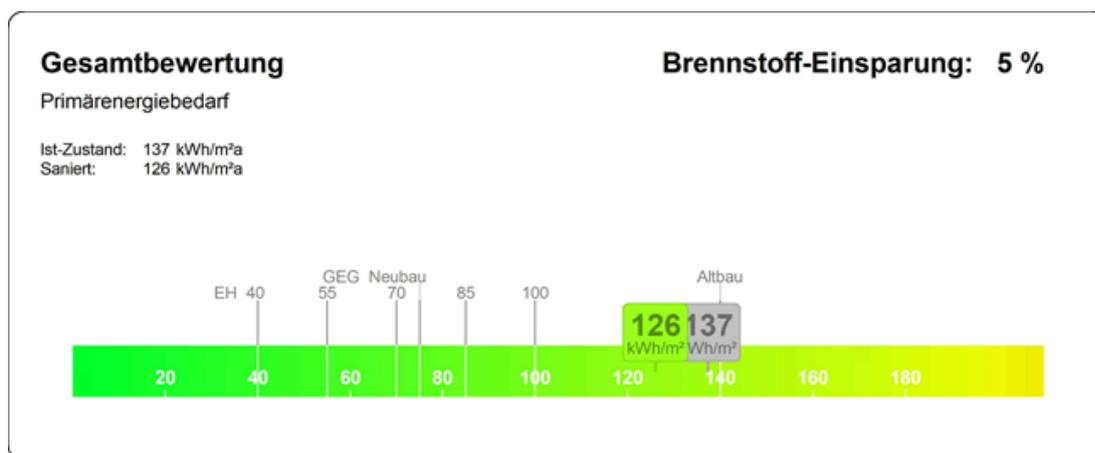


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	36.572 EUR
Mögliche Fördermittel	7.314 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>36.572 EUR</b>

\* Bei Einbau einer Brennstoffzelle als Wärmeerzeuger.

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

Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.523	45.690
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.718	141.540
Summe	6.241	187.230
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.410	162.300
<b>Einsparung</b>	<b>-831</b>	<b>-24.930</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	2.905	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.534	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

#### 4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Die vorhandenen Fenster sollten entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) ausgetauscht werden. Die Vorlage zur Erfüllung des GEG setzt einen Wärmedurchgangskoeffizienten von  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  voraus. Für die Berechnung und damit für die Förderfähigkeit der Maßnahme wird für die Fenster ein  $U_w$ -Wert von  $0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$  gewählt.

Jegliche Außentüren sowie Garagentore sollten ausgewechselt werden, um einen U-Wert von  $1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  zu erreichen.

**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.

##### **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 **5.829 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 2 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 11 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

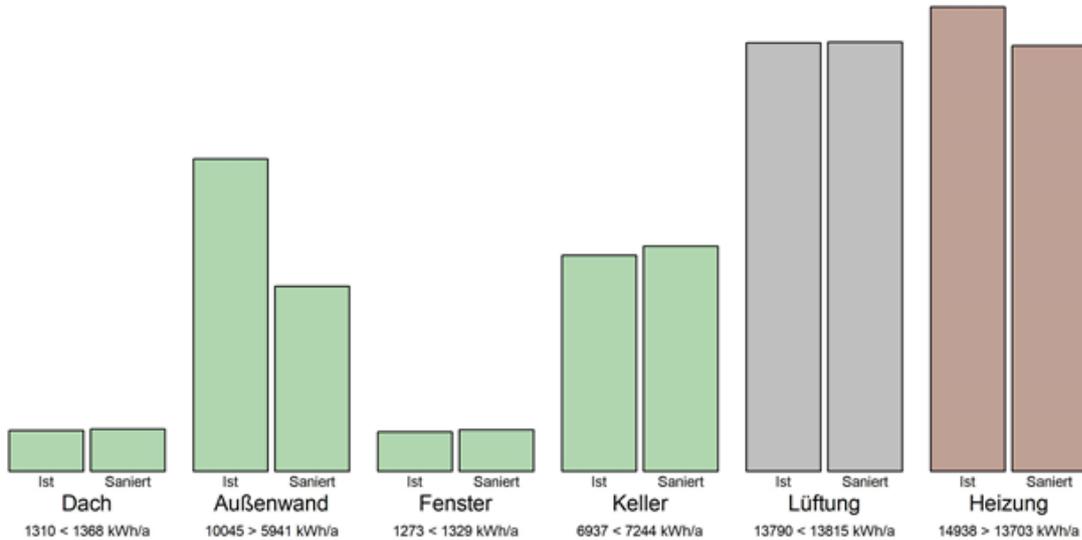


Abbildung 13 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 38.380 kWh/Jahr reduziert sich auf 33.971 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.409 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 967 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 **123 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelegte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

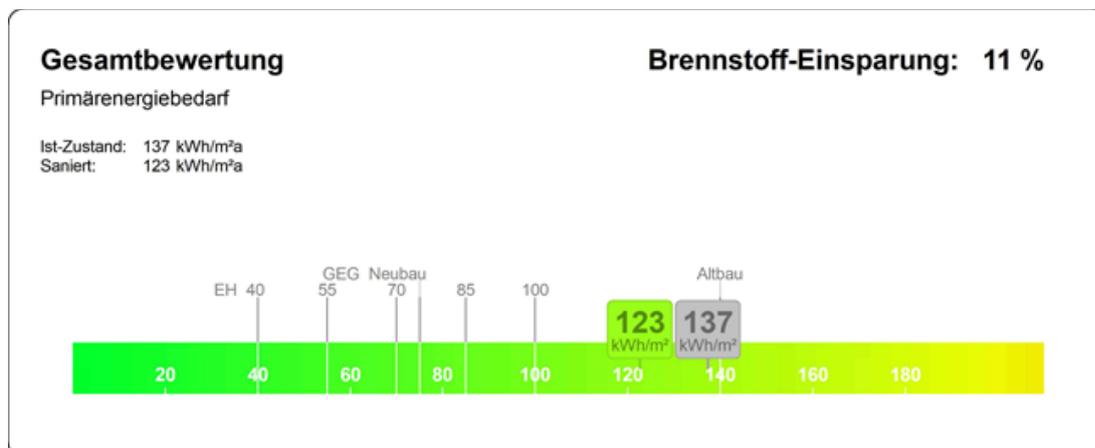


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	29.143 EUR
Mögliche Fördermittel	5.829 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>29.143 EUR</b>

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

Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV 2

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	1.214	36.420
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.937	148.110
Summe	6.151	184.530
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.410	162.300
<b>Einsparung</b>	<b>-741</b>	<b>-22.230</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	2.905	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.652	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

#### 4.4 SV 3: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG

Die oberste Geschossdecke des Altbaus wird entsprechend der Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) gedämmt. Hierfür wird eine Zwischen- und Untersparrendämmung mit einer Stärke von 4 cm mit einem Lambda-Wert von 0,040 W/mK eingebaut. Hierdurch kann der gem. GEG geforderte U-Wert von 0,24 W/m<sup>2</sup>K eingehalten werden. Sofern Fördermittel über das Förderprogramm BEG beantragt werden, ist bei einer Sanierung der obersten Geschossdecke ein U-Wert von 0,14 W/m<sup>2</sup>K einzuhalten. Dies könnte beispielsweise durch eine Vergrößerung der Dämmstoffdicke auf 12cm und einen Lamba-Wert von 0,032 W/mK erreicht 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 m <sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **251 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 3 -**

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

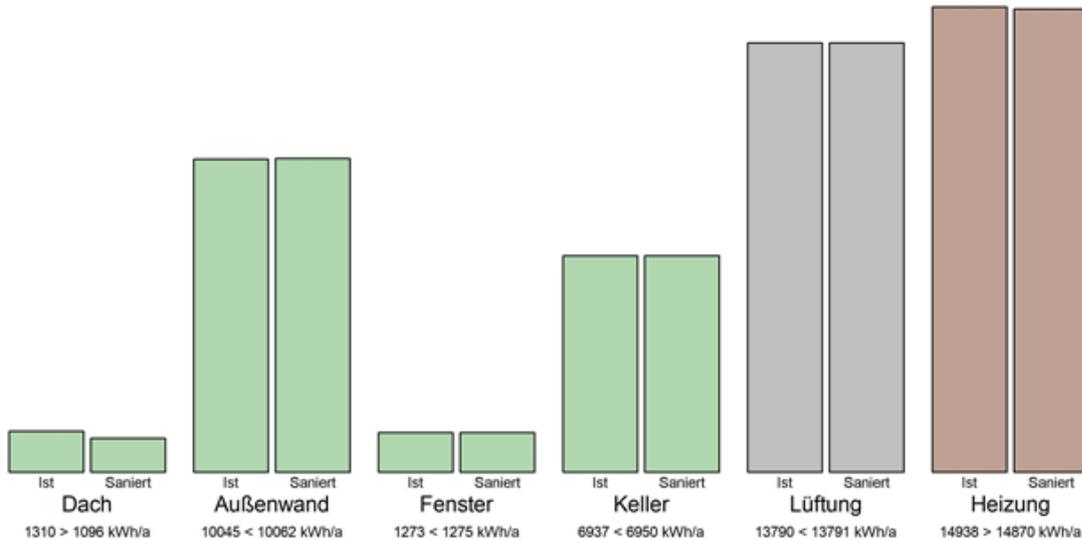


Abbildung 15 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 38.380 kWh/Jahr reduziert sich auf 38.146 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 234 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 51 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 **137 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelegte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

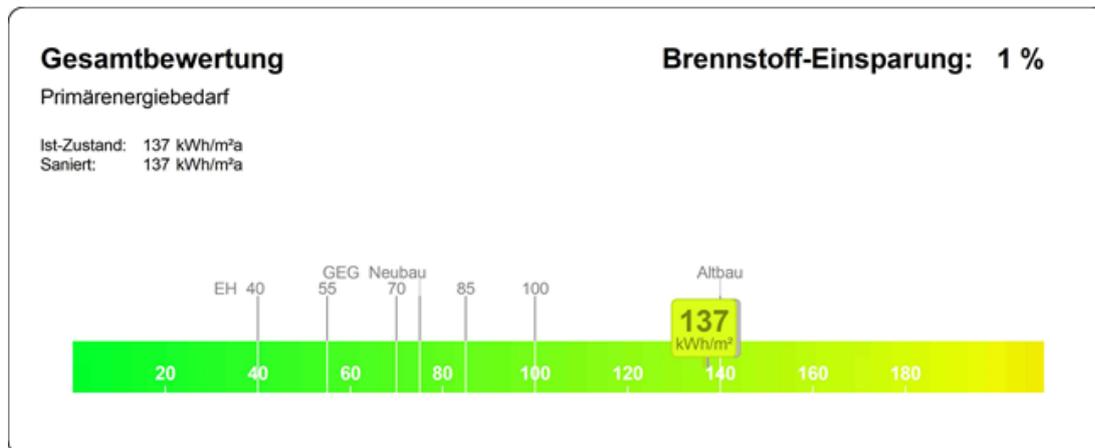


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	1.255 EUR
Mögliche Fördermittel	251 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>1.255 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

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	52	1.560
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	5.385	161.550
Summe	5.437	163.110
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.410	162.300
<b>Einsparung</b>	<b>-27</b>	<b>-810</b>

Die Investition amortisiert sich nach 12 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	2.905	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.892	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

#### 4.5 SV 4: BELEUCHTUNGSTAUSCH

In dieser Sanierungsvariante werden die noch vorhandenen Leuchtstofflampen mit KVGs oder Kompaktleuchtstofflampen durch effizientere LED-Beleuchtung ersetzt.

Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden.

Die Wärmeentwicklung von LED-Lampen fällt z. B. im Vergleich zur alten Glühlampe deutlich geringer aus. Glühlampen erzeugen aus der eingespeisten Energie nur etwa 5 % Licht, die restlichen 95 % werden in Wärme umgewandelt. Bei aktuellen LED-Lampen werden etwa 40 % der eingesetzten Energie in sichtbares Licht umgewandelt und nur 60 % in Wärme. Aus diesem Grund steigt der Wärmebedarf des Gebäudes minimal an.

##### **Beleuchtungssanierung (2.9)**

<b>Info</b>	<i>Gefördert wird innerhalb der Kommunalrichtlinie in den investiven Förderungsschwerpunkten 2.9 "Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung" der Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung bei Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.</i>
<b>Förderanteil</b>	<i>25 %* bei Innen- und Hallenbeleuchtungen Mindestzuwendung i. H. v. 5000 €</i>
<b>Fördersumme</b>	<i>Finanzschwache Kommunen können vorbehaltlich der beihilferechtlichen Zulässigkeit eine um 5 % erhöhte Förderquote erhalten.  Bei Maßnahmen in Kindertagesstätten, Schulen, Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe, Jugendwerkstätten und Sportstätten (inkl. Freibäder und Schwimmhallen) ist eine um 5 % erhöhte Förderquote möglich.</i>
<b>Fristen</b>	<i>Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2019 bis zum 31.12.2022.</i>

\* Die angegebene Förderquote wird für Anträge, die im Zeitraum vom 01.08.2020 bis zum 31.12.2021 gestellt werden um jeweils 10 % erhöht.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu **823 €** (unter Berücksichtigung der Erhöhung der Förderquote) könnte beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen bleibt der Endenergiebedarf unverändert. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

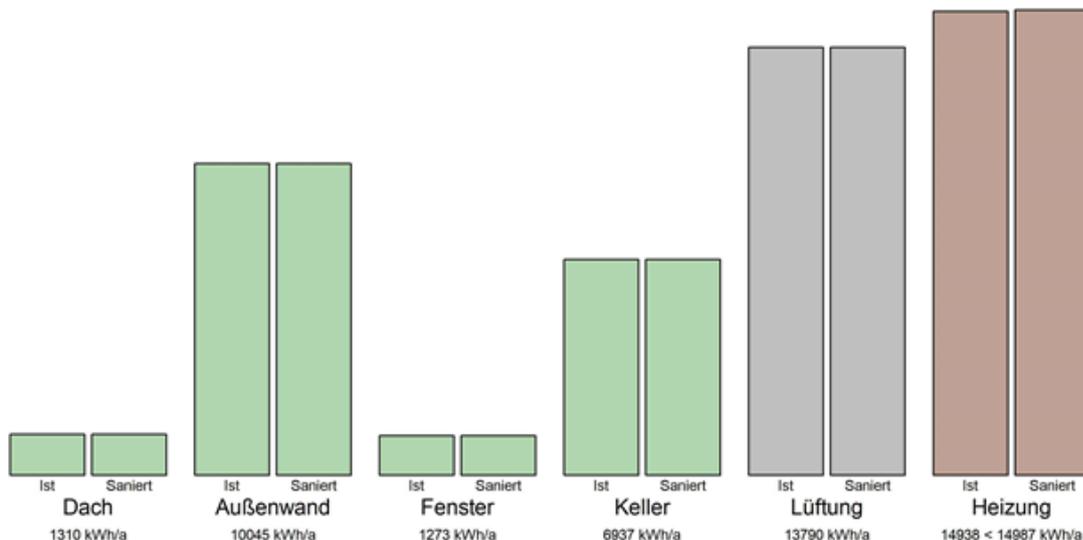


Abbildung 17 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 38.380 kWh/Jahr reduziert sich auf 38.263 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 118 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 707 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 **132 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

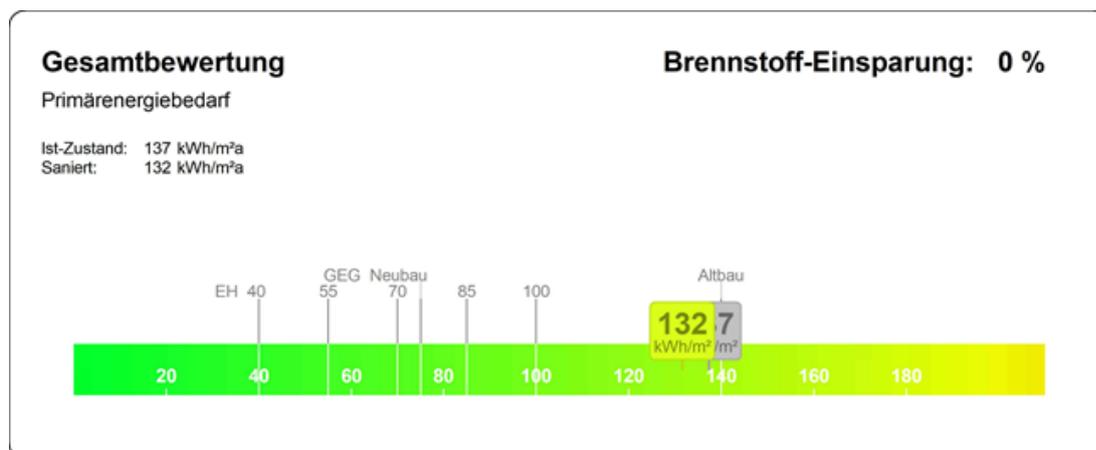


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	2.350 EUR
Mögliche Fördermittel	823 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>2.350 EUR</b>

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 15 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 4

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	176	2.640
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	3.612	54.180
Summe	3.788	56.820
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	3.990	59.850
<b>Einsparung</b>	<b>202</b>	<b>3.030</b>

Die Investition amortisiert sich nach 8 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	2.905	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.630	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	12.37	%

#### 4.6 SV 5: HYDRAULISCHER ABGLEICH

In dieser Variante soll ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Ein hydraulischer Abgleich sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Wärme im Gebäude und reduziert dabei den Energieverbrauch.

<b>BEG EM - Heizungsoptimierung</b>	
<b>Info</b>	Gefördert werden Maßnahmen am Heizungsverteilsystem in Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes beitragen (Voraussetzung ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs).
<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 **456 €** gewährt werden!

### Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen bleibt der Endenergiebedarf unverändert. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

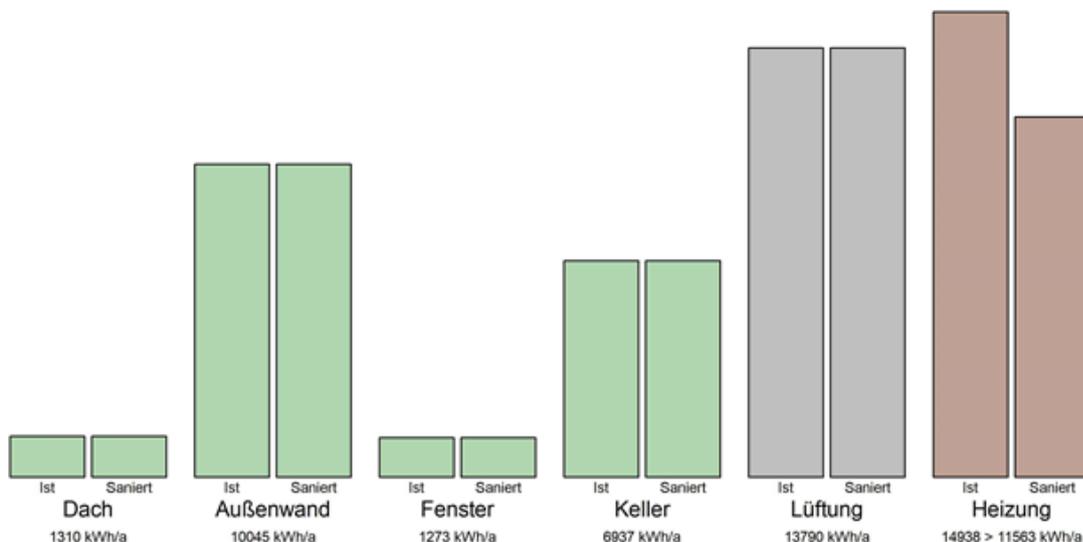


Abbildung 19 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 38.380 kWh/Jahr reduziert sich auf 38.254 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 126 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 24 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 **137 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelegte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

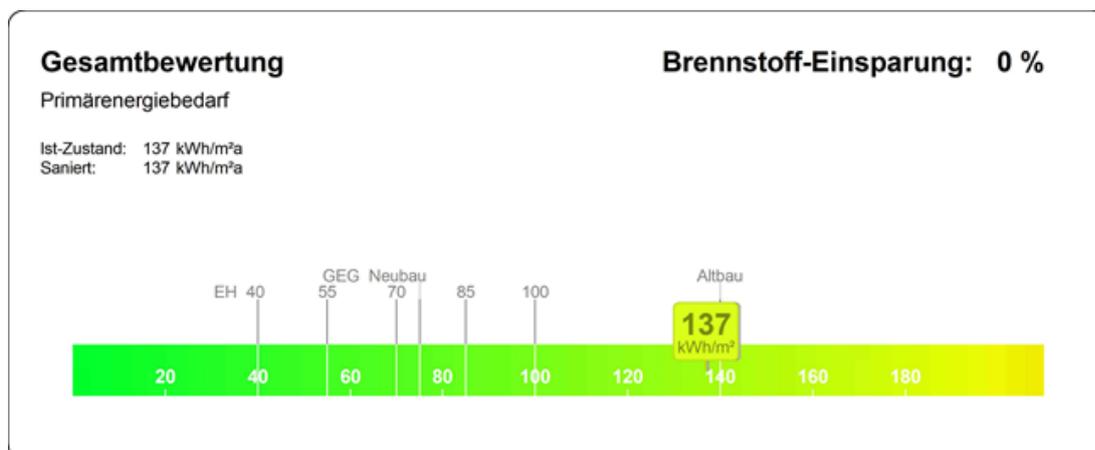


Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5*

Gesamtinvestitionen	2.282 EUR
Mögliche Fördermittel	456 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>2.282 EUR</b>

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 15 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

*Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 5*

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	171	2.565
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	3.982	59.730
Summe	4.153	62.295
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	3.990	59.850
<b>Einsparung</b>	<b>-163</b>	<b>-2.445</b>

Die Investition amortisiert sich nach 14 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	2.905	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.900	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

#### 4.7 SV 6: WÄRMEPUMPE + PV

Der vorhandene Gas-Brennwertkessel Junkers Cerapur HM ZSB 14 aus dem Jahr 2017 könnte gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgetauscht werden. Nach der Implementierung des neuen Wärmeerzeugers wird die Heizlast der Feuerwehr entsprechend der DIN EN 12831 ermittelt. Entsprechend der errechneten Werte wird dann ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Hierfür ist es evtl. erforderlich, alte 2K-Heizkörperventile gegen neue 1K-Ventile auszutauschen. Evtl. werden noch zusätzliche Strangregulierventile eingebaut. Mittels der Heizkörper- und Strangregulierventile werden die ermittelten Volumenströme einreguliert.

Diese Maßnahme umfasst folgende Leistungen:

- ▶ Austausch des vorhandenen Wärmeerzeugers gegen eine Wärmepumpe
- ▶ Ermittlung der Heizlast
- ▶ Dämmung bisher ungedämmter Rohrleitungen
- ▶ Erneuerung bzw. Umstellung der Umwälzpumpen auf variable Druckdifferenz
- ▶ Einbau von Strangregulierventilen
- ▶ Austausch der Thermostatköpfe und Ventile (1K – Temperaturregelung)
- ▶ Einregulierung des Volumenstroms

#### **BEG EM - Heizungsanlagen**

<b>Info</b>	<i>Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, das regenerative Energien für die Wärmeerzeugung zu mindestens 25 % einbindet.</i>
<b>Förderquote</b>	<b>Wärmepumpen 35%</b>
<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 **8.374 €** gewährt werden!

Der Stromverbrauch der Feuerwehr Herzhorn lag in den vergangenen drei Jahren im Mittel bei ca. 1.310 kWh jährlich. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden.

Für eine PV-Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde im Rahmen der Gebäudesimulation das Feuerwehrgerätehaus auf das PV-Dachflächenpotenzial untersucht. Aufgrund des Stromverbrauchs wurde eine PV-Anlage mit einer Generatorgröße von ca. 15 kWp simuliert. Die PV-Module werden mit einer Süd-West-Ausrichtung auf dem Dach der Feuerwehr angebracht. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung konnte in der Simulation ein Eigenstromanteil von ca. 50 % berechnet. Sollte der Anteil in der Realität höher ausfallen, verbessert sich das Ergebnis der Anlage entsprechend.

Voraussetzung ist, dass das Dach zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich). Es ist vorteilhaft, die PV-Module im Rahmen einer Dachsanierung auf das Dach anzubringen.

**Energieeinsparung - Variante 6 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 50 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

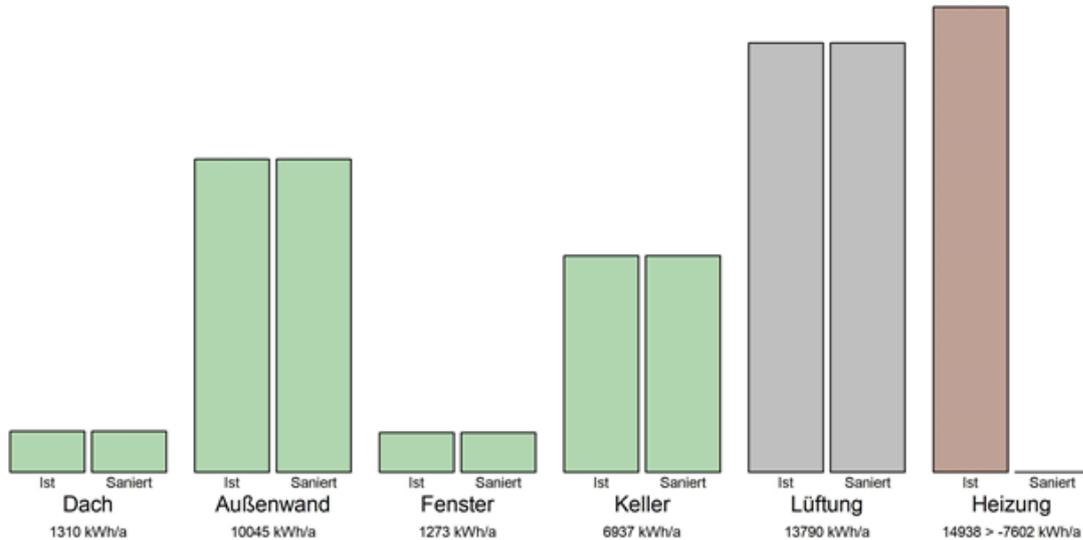


Abbildung 21 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6

Der derzeitige Endenergiebedarf von 38.380 kWh/Jahr reduziert sich auf 19.313 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 19068 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.012 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 **93 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

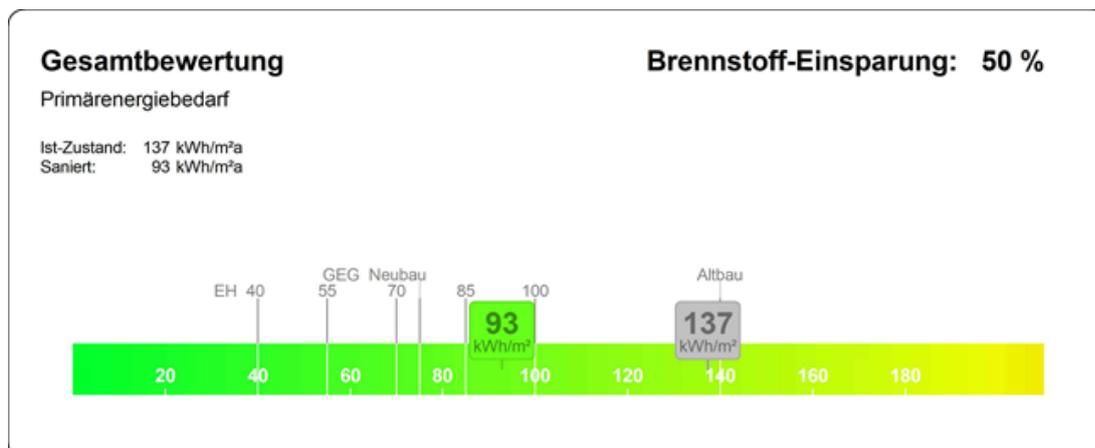


Abbildung 22 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	36.925 EUR
Mögliche Fördermittel	8.374 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>36.925 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 6

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	2.767	41.505
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.498	67.470
Summe	7.265	108.975
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	3.990	59.850
<b>Einsparung</b>	<b>-3.275</b>	<b>-49.125</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	2.905	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.275	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	1,50	%
Interner Zinsfuß	-	%

#### 4.8 MK 1: MASSNAHMENKOMBINATION 1

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Außenwanddämmung

Var. 2 – Fenster- und Türentausch

Var. 3 – Oberste Geschossdeckendämmung

Var. 4 – Beleuchtungstausch

Var. 5 – Hydraulischer Abgleich

Var. 6 – Wärmepumpe + PV

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 47 % und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 30 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

**Energieeinsparung - Variante 7 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 58 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

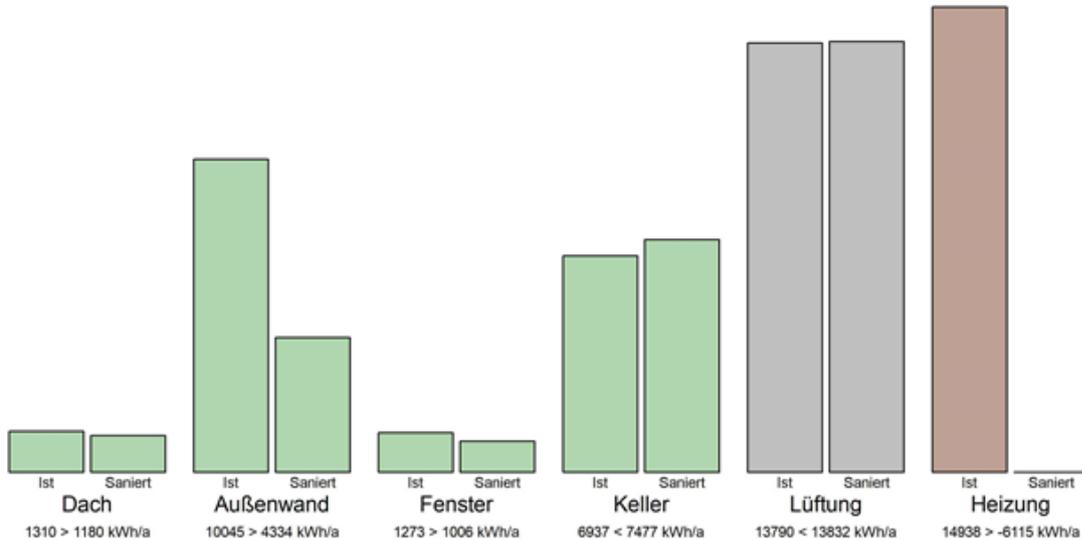


Abbildung 23 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 38.380 kWh/Jahr reduziert sich auf 15.932 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 22.448 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2.905 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 **73 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

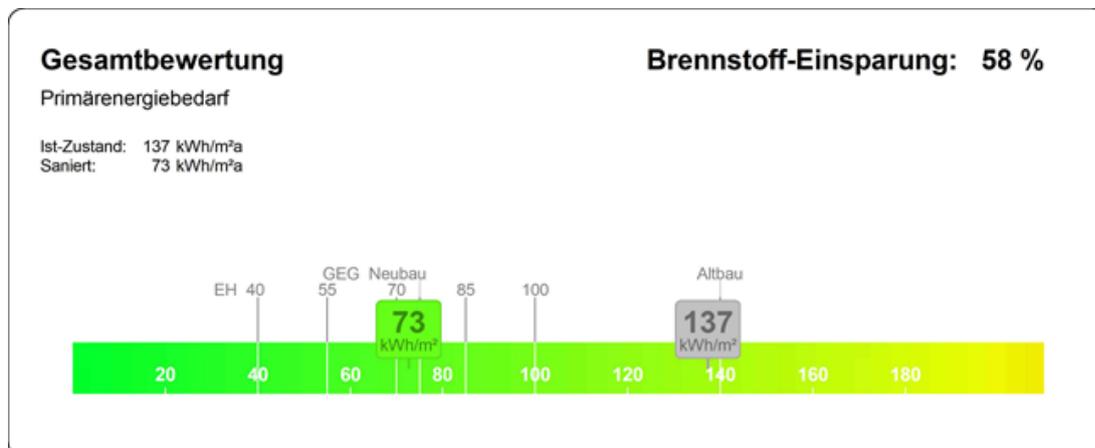


Abbildung 24 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **107.575 €**.

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

Tabelle 20 Einsparpotenzial, MK 1

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	6.671	200.130
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.970	149.100
Summe	11.641	349.230
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.410	162.300
<b>Einsparung</b>	<b>-6.231</b>	<b>-186.930</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	2.905	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.669	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	1,50	%
Interner Zinsfuß	-	%

## 5 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.

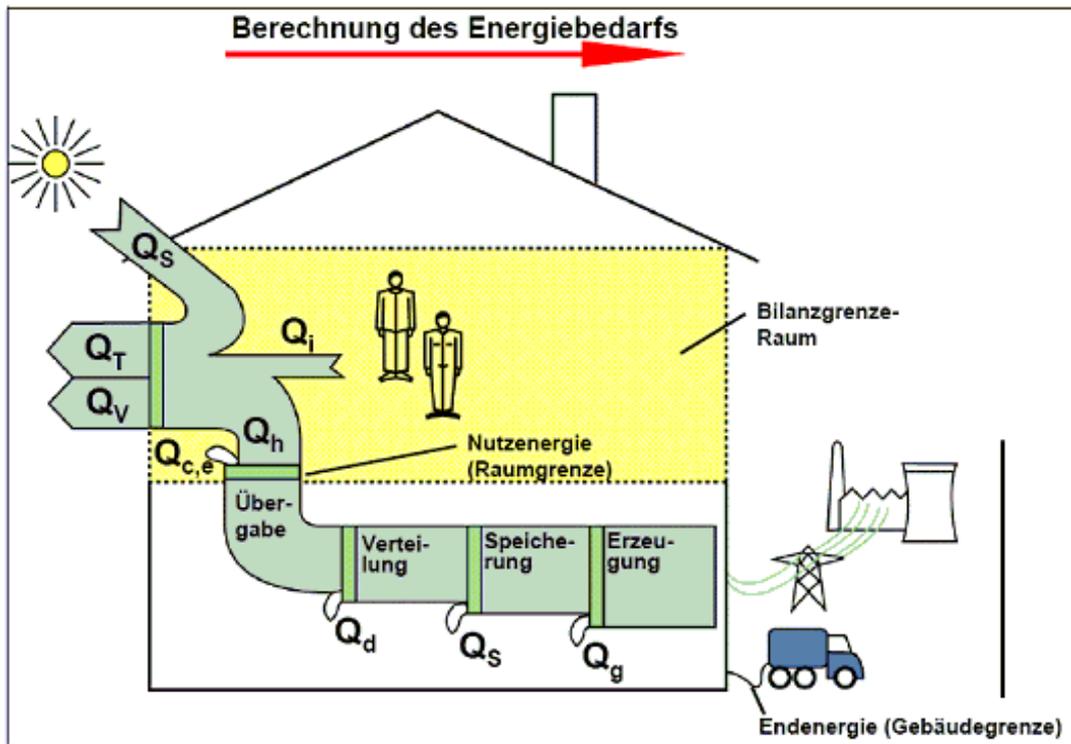


Abbildung 25 Primärenergie

### 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 Rauminneren 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 $A_N$**

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.