



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

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

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

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

**Greven, 10.11.2021**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	4
TABELLENVERZEICHNIS .....	4
1 Einleitung .....	6
2 Zusammenfassung .....	8
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	8
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ .....	9
3 Ausgangssituation.....	11
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	11
3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021) ..	13
3.3 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	14
3.3.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung.....	14
3.4 ANLAGENTECHNIK.....	15
3.4.1 Heizungsanlage.....	15
3.4.2 Warmwasserbereitung.....	16
3.4.3 Beleuchtung .....	16
3.4.4 Lüftungstechnik.....	16
3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	16
3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	16
3.5.2 Verbrauchskennwerte.....	18
3.5.3 CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	19
3.5.4 Energiekosten .....	19
3.5.5 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	20
3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	21
4 Sanierungsvarianten.....	22
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	22
4.2 SV 1: AUSSENWANDDÄMMUNG .....	23
4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH .....	26
4.4 SV 3: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG .....	29
4.5 SV 4: BELEUCHTUNGSTAUSCH.....	32
4.6 SV 5: WÄRMEPUMPE + PV-ANLAGE.....	35

4.7	MK1: MASSNAHMENKOMBINATION SV1 BIS SV6.....	38
5	Anhang.....	41
A.1	GLOSSAR .....	41

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf $Q_E$ [kWh/a] .....	8
Abbildung 2 Energiekosten [€/a] .....	8
Abbildung 3 CO <sub>2</sub> -Emissionen [kWh/a] .....	9
Abbildung 4 Primärenergiebedarf $Q_P$ [kWh/a] .....	9
Abbildung 5 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) .....	11
Abbildung 6 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes .....	11
Abbildung 7 Blickrichtung Süden .....	13
Abbildung 8 Blickrichtung Nord-Osten .....	13
Abbildung 9 Blickrichtung Süden, Tor zur Fahrzeughalle .....	13
Abbildung 10 Eingangsbereich (Altbau) .....	13
Abbildung 11 Fahrzeughalle, Innen .....	13
Abbildung 12 Fenster, WC .....	13
Abbildung 13 Beleuchtung mit LED Röhren im Aufenthaltsraum .....	13
Abbildung 14 Flüssiggastank .....	13
Abbildung 15 Elektroverteilung .....	13
Abbildung 16 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft .....	18
Abbildung 17 Energieverbrauchskennwerte .....	19
Abbildung 18 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger .....	20
Abbildung 19 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1 .....	24
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 .....	24
Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	27
Abbildung 22 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3 .....	30
Abbildung 23 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	31
Abbildung 24 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4 .....	33
Abbildung 25 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 .....	33
Abbildung 26 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6 .....	36
Abbildung 27 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6 .....	37
Abbildung 28 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1 .....	39
Abbildung 29 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1 .....	39
Abbildung 30 Primärenergie .....	42

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung .....	10
---	----

Tabelle 2 Gebäudekennwerte .....	15
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart .....	17
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	18
Tabelle 5 CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	19
Tabelle 6 Bezugskosten nach Energieträger .....	19
Tabelle 7 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1.....	25
Tabelle 8 Einsparpotenzial, SV 1.....	25
Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2.....	28
Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2 .....	28
Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3 .....	31
Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 3 .....	31
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4 .....	34
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 4 .....	34
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6 .....	37
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 6 .....	37

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energiebericht für das Feuerwehrhaus der Freiwilligen Feuerwehr Grönland in der Gemeinde Sommerland 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 Verantwor-

---

<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-bielefelduntersuchungenergiebedarfversusenergieverbrauch12112019.pdf>

tung der Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert, 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.

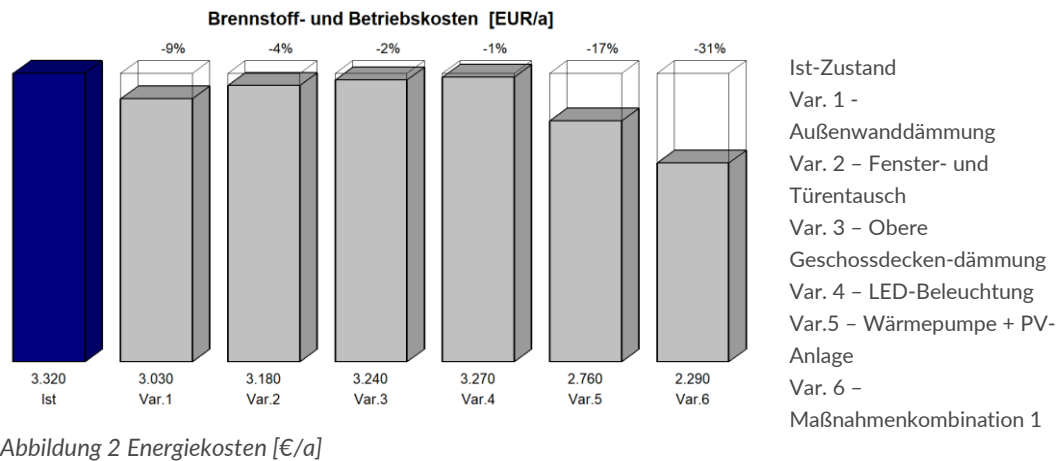
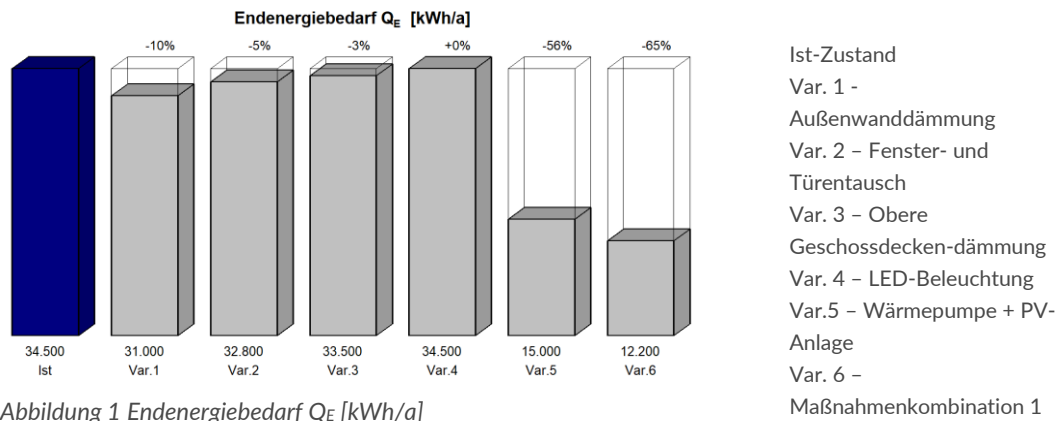
---

<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 4.7 genauer beschrieben.





## 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.

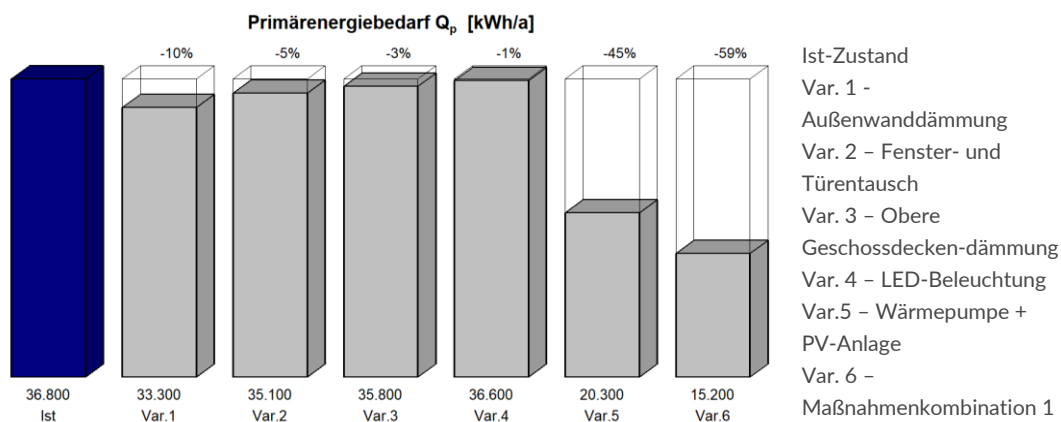


Abbildung 4 Primärenergiebedarf  $Q_p$  [kWh/a]

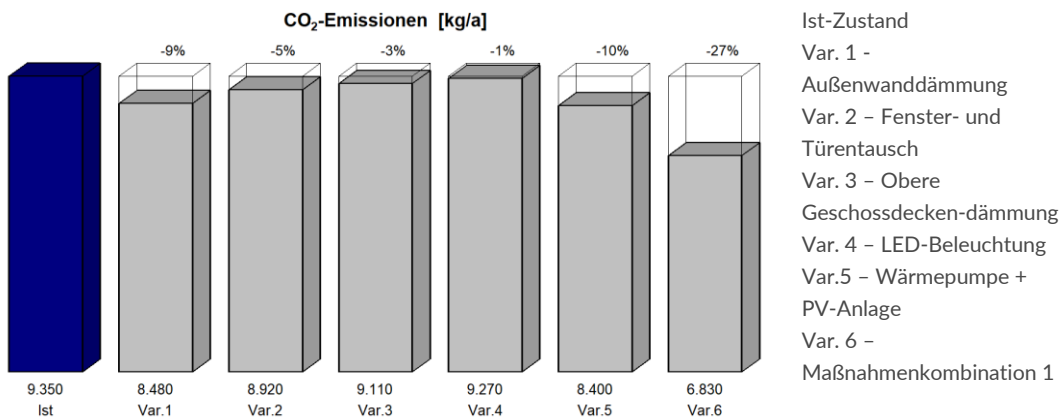


Abbildung 3 CO<sub>2</sub>-Emissionen [kWh/a]

Unter der Berücksichtigung der Zuschüsse der verschiedenen Förderprogramme verbessert sich die Amortisationszeit jeder vorgeschlagenen Sanierungsvariante.

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

Table 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: Oberste Geschossdeckendämmung	240	5.421 <sup>°</sup> €	1.084 <sup>°</sup> € 20 % BAFA - BEG EM	11
Schritt 3: Beleuchtungstausch	80	2.800 <sup>°</sup> €	980 <sup>°</sup> € - 35 % PtJ - Beleuchtungssanierung (2.9)	12
Schritt 4: Fenster- und Türentausch	430	31.676 <sup>°</sup> €	6.335 <sup>°</sup> € 20 % BAFA - BEG EM	25
Schritt 5: Außenwanddämmung	870	41.385 <sup>°</sup> €	8.277 <sup>°</sup> € 20 % BAFA - BEG EM	27
Schritt 6: Wärmepumpe + PV-Anlage	950	33.852 <sup>°</sup> €	6.962 <sup>°</sup> € 35% auf die Wärmepumpe	20
<b>Summe</b>	6.180	115.134 <sup>3°</sup> €	23.638 <sup>°</sup> € mit 20,5 % mittlere Förderquote	

### 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. 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.

<sup>3</sup> Der hydraulische Abgleich wird gemeinsam mit der Installation der Wärmepumpe durchgeführt, dadurch entsteht eine Kostenabweichung

### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein Feuerwehrgerätehaus mit Schulungsraum. Der vordere Teil wurde in den 1950er Jahren gebaut und 1991 erweitert. Der Anbau umfasst eine Fahrzeughalle, eine Teeküche und einen Schulungsraum. (vgl. Abbildung 5)

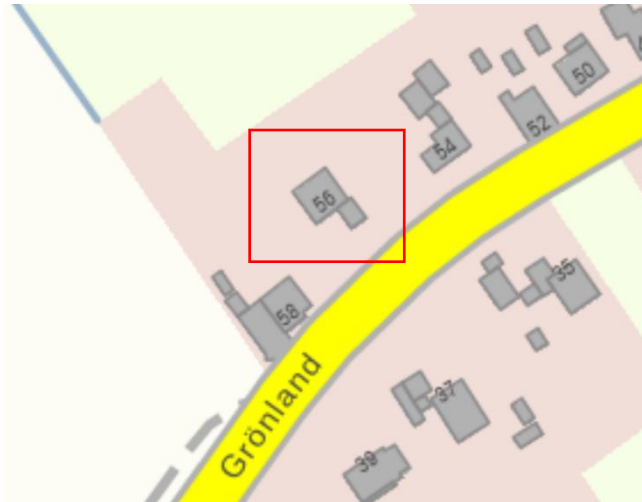


Abbildung 5 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt)

(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), (<https://danord.gdi-sh.de>), abgerufen am 09.11.2021)

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt und mit einem Satteldach versehen. (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 6 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes

Das Außenmauerwerk besteht aus 24 cm Porenbeton mit einer 4,5 cm dicken Luftschicht und 11,5 cm rotem Verblendmauerwerk. Sämtliche Innenwände sind aus 11,5 bis 24 cm starken Kalksandsteinmauerwerk. Als Dachstuhl wurden Pfetten aus Nadelholz eingebaut. Die Dacheindeckung erfolgte mit Faserzementplatten. Die oberste Geschossdecke besteht aus einer mit Dielen belegten Holzbalkenlage. Als Wärmedämmung wurde eine 14 cm dicke Glaswollschicht zwischen den Balken eingebaut. Als Abschluss dienen 12 mm dicke Feuerschutzplatten.

Das Gebäude verfügt über Kunststofffenster mit Isolierglas.

Alle Wände sind verputzt und mit einem Anstrich versehen. Im Sanitär- und Duschbereich sind die Wände mit Wandfliesen, zum Teil raumhoch, versehen.

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Gemeindezentrum Neuendorf</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Nichtwohngebäude</i>
<i>Straße, Hausnr.</i>	<i>Grönländer Chaussee</i>
<i>PLZ, Ort</i>	<i>25358 Horst</i>
<i>Baujahr</i>	<i>1940, 1991</i>
<i>Beheiztes Gebäudevolumen V</i>	<i>834 m<sup>3</sup></i>
<i>Energiebezugsfläche A<sub>EBF</sub></i>	<i>249 m<sup>2</sup></i>
<i>Thermische Hüllfläche</i>	<i>301 m<sup>2</sup></i>
<i>Mittlere Geschosshöhe</i>	<i>ca. 3,0 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).



Abbildung 7 Blickrichtung Süden



Abbildung 8 Blickrichtung Nord-Osten



Abbildung 9 Blickrichtung Süden, Tor zur Fahrzeughalle



Abbildung 10 Eingangsbereich (Altbau)



Abbildung 11 Fahrzeughalle, Innen



Abbildung 12 Fenster, WC



Abbildung 13 Beleuchtung mit LED Röhren im Aufenthaltsraum



Abbildung 14 Flüssiggastank

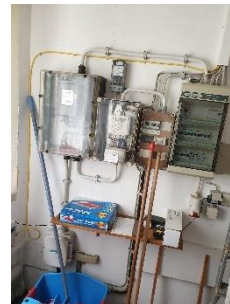


Abbildung 15 Elektroverteilung

### 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 2 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>4</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>5</sup>. Die grün markierten Zeilen erfüllen bereits die Anforderungen des aktuellen GEG. Die rot markierten Zeilen entsprechen nicht den aktuellen Anforderungen der GEG.

---

<sup>4</sup> „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

<sup>5</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)

Tabelle 2 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]		
	Ist-Zustand	GEG <sup>6</sup>	KfW-Förderung <sup>7</sup>
<b>Bodenplatte</b>	0,60	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Decken nach unten gegen Erdreich</i>			
<b>Außenwand (Altbau)</b>	0,90	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			
<b>Außenwand (Anbau)</b>	0,60	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			
<b>Oberste Geschossdecke</b>	0,30	0,24	0,14
<i>Bauteilgruppe: Dachflächen</i>			
<b>Fenster</b>	3,00	1,30	0,95
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
<b>Außentür</b>	3,50	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. Der Kessel ist neu eingebaut worden. Die Heizkreispumpen sind leistungsgeregelt. Ein hydraulischer Abgleich des gesamten Gemeindezentrums wurde durchgeführt.

Erzeugung	- Brennwert-Kessel 2020 Energieträger: Flüssiggas
Verteilung	- Verteilung 1 (Verteilung 1) hydraulischer Abgleich Leitungen gedämmt Umwälzpumpe geregelt
Übergabe	Übergabe an Zone Sonstige Aufenthaltsräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'

<sup>6</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>7</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.

### 3.4.2 Warmwasserbereitung

Die Waschbecken in den Sanitärräumen und Klassen des Schulgebäudes verfügen überwiegend nur über einen Kaltwasser-Anschluss. In einem Gruppenraum erfolgt die Warmwasserbereitung 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 diverse Leuchtentypen. Überwiegend kommen jedoch Leuchtstoffröhren mit einer Leistung  $P_{Lampe}$  bis zu 58 W (T5 und T8) und konventionellen Vorschaltgeräten [KVG] vor. Diese finden sich sowohl im Abstellraum und den Sanitärräumen als auch im Schulungsraum, der Teeküche, der Fahrzeughalle und auf den Fluren wieder. Im Aufenthaltsraum wurden LED-Retrofit leuchten eingebaut. Eine Präsenzerfassung ist vorhanden.

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 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.

## 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 3 bzw. der Abbildung 16 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 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

<b>Jahr</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>Mittelwert</b>
Heizung (Flüssiggas) [kWh/a] (Liter Angaben wurden in kWh/a umgerechnet)	12.330	10.297	11.930	<b>11.519</b>
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,08	1,10	1,16	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	13.316	11.327	13.839	<b>12.827</b>
Strom [kWh/a]	1.363	1.513	1.458	<b>1.438</b>
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	14.679	12.840	15.297	<b>14.272</b>
Wasser [m <sup>3</sup> /a]	5	3	3	<b>4</b>

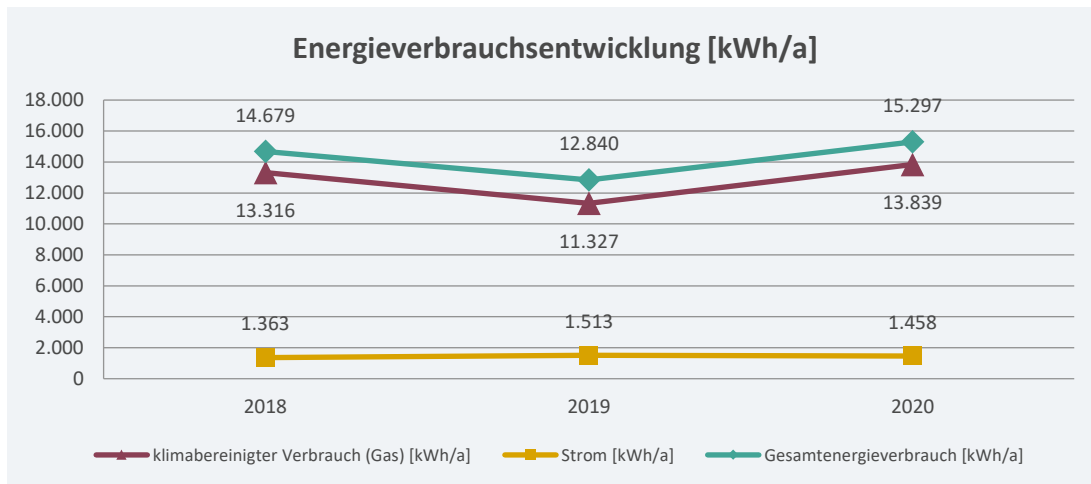


Abbildung 16 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

### 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- bzw. Gas- (witterungsbereinigt) und Wasserverbrauchsdaten der Jahre 2017, 2018 und 2019 gebildet und durch die Netto-Grundfläche von 249 m<sup>2</sup> dividiert. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>8</sup>

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

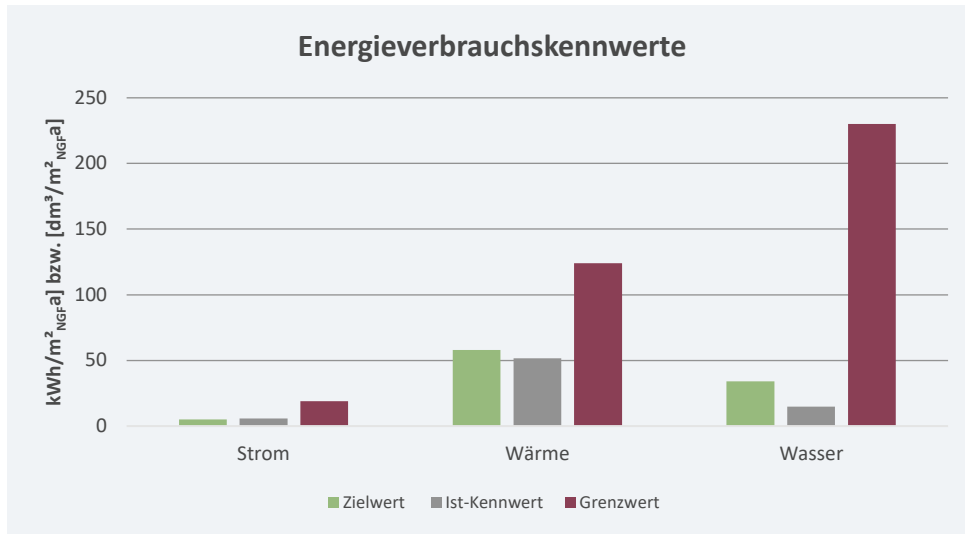
Dorfgemeinschaftshäuser	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom		5	6 19
Wärme		58	52 124
Wasser		34	15 230

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 Energiever-

<sup>8</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)

bräuche und Energiekosten herangezogen. Nachfolgende Grafik stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser dar.



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

Abbildung 17 Energieverbrauchskennwerte

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden über die gemittelten Energieverbräuche der letzten drei Jahre und den CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren aus GEMIS<sup>9</sup> (Stand: 12.2020) bestimmt.

Tabelle 5 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Energieträger [-]	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor [g/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/a]
Erdgas	201	11.930	2.397
Strom	427	1.458	622
Summe	-	13.388	3.020

### 3.5.4 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 6 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Preis [€/kWh]
Flüssiggas (inkl. CO <sub>2</sub> -Steuer)	0,056*
Strom-Mix	0,27
Strom-Mix (Wärmepumpentarif)	0,22

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

<sup>9</sup> Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme - Das Globale Emissions-Modell integrierter Systeme ist ein frei verfügbares Computermodell mit integrierter Datenbank zur Lebensweg- und Ökobilanzierung und Stoffstromanalyse sowie den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für Energie-, Stoff- und Verkehrssysteme

\*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).

### 3.5.5 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.

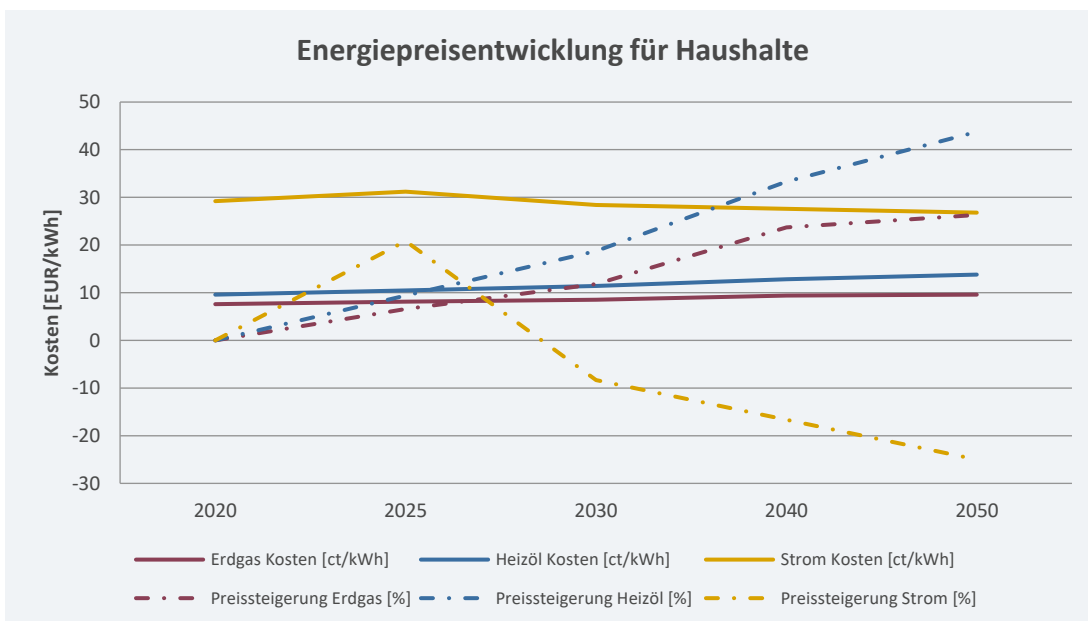


Abbildung 18 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger  
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

Basierend auf der zukünftigen 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.

## 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-Anlage

Var.7 – MK1: Maßnahmenkombination SV1 bis SV6

## 4.2 SV 1: AUSSENWANDDÄMMUNG

Die Wandflächen des Gebäudes 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 von 10 cm mit einem Lambda-Wert von  $0,040 \text{ W/mK}$  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  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt. Dieser Wert wird durch eine Dämmstoffstärke von 12cm mit einem Lambda-Wert von  $0,032 \text{ W/mK}$  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>	<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 $\text{m}^2$ NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **8.277 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 1 -**

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.

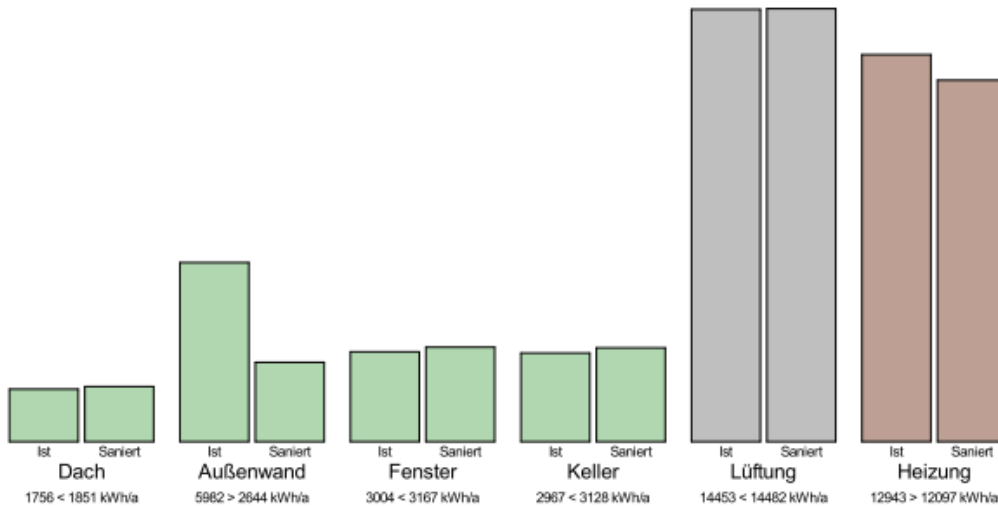


Abbildung 19 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.468 kWh/Jahr reduziert sich auf 30.971 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.497 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 872 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 134 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.

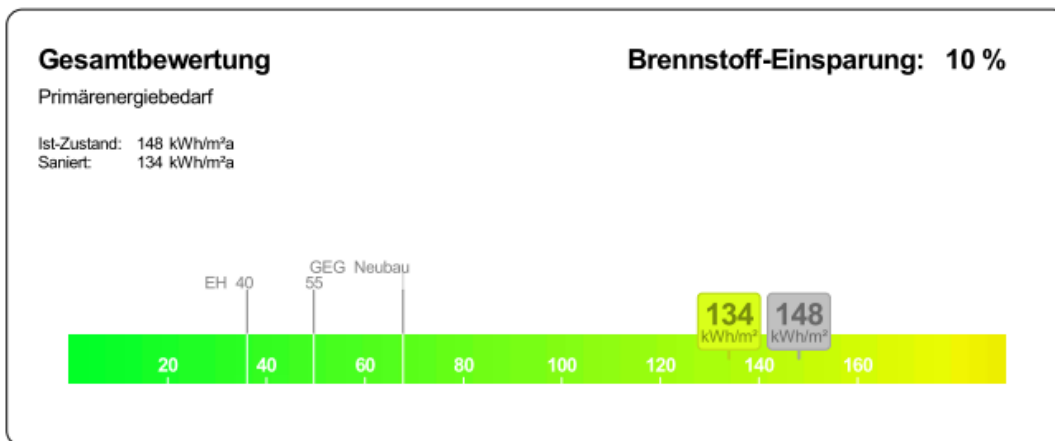


Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 7 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	41.385 EUR
Mögliche Fördermittel	8.277 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>41.385 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 8 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.723	51.690
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.085	122.550
Summe	5.808	174.240
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.689	170.670
<b>Einsparung</b>	<b>-119</b>	<b>-3.570</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.318	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.027	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	3,50	%
Interner Zinsfuß	1,13	%

### 4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Die vorhandenen Fenster sollten entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) ausgetauscht werden. Für die Berechnung wird für die Fenster ein  $U_w$ -Wert von **0,90 W/m<sup>2</sup>K** gewählt.

Türentausch: Leichtmetallrahmentür mit U-Wert **1,10 W/m<sup>2</sup>K**

**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.

---

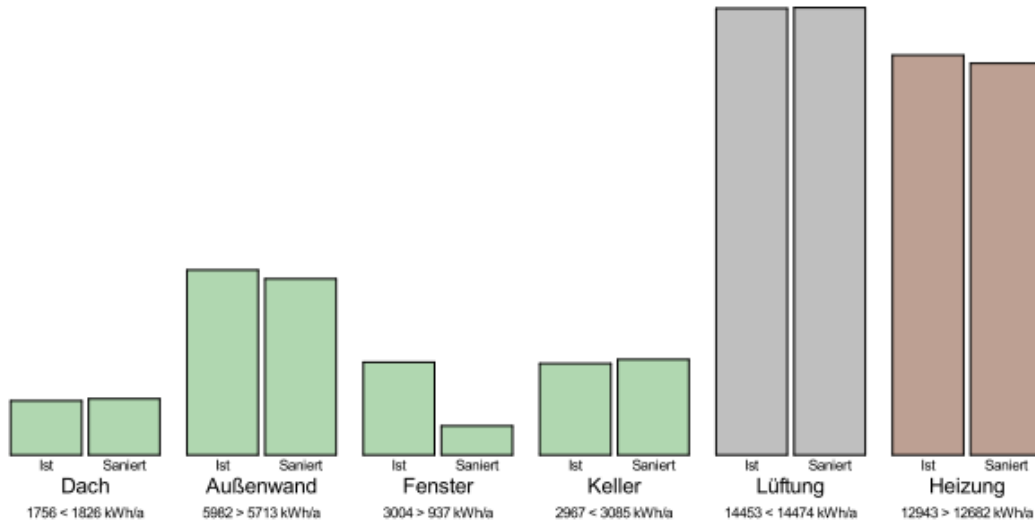
#### **BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

<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 m <sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **6.335 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 2 -**

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.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.468 kWh/Jahr reduziert sich auf 32.752 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.717 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO2-Emissionen werden um 428 kg CO2/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 141 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.

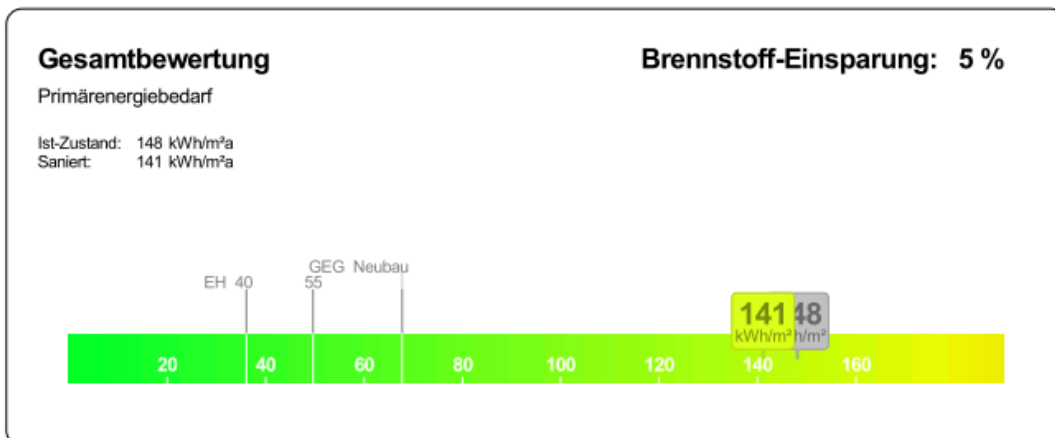


Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	31.676 EUR
Mögliche Fördermittel	6.335 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>31.676 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

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	1.319	39.570
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.284	128.520
Summe	5.603	168.090
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.689	170.670
<b>Einsparung</b>	<b>86</b>	<b>2.580</b>

Die Investition amortisiert sich nach 30 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.318	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.175	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	2,00	%
Interner Zinsfuß	1,82	%

#### 4.4 SV 3: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG

Die oberste Geschossdecke wird entsprechend den Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Hierfür wird eine Zwischen- und Untersparrendämmung mit einer Stärke von 6 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 bei der KfW beantragt werden, ist bei einer Dachsanierung ein U-Wert von 0,14 W/m<sup>2</sup>K einzuhalten. Dies könnte beispielsweise durch eine Vergrößerung der Dämmstoffdicke auf 12 cm mit einem Lambda-Wert von 0,040 W/mK erreicht werden.

##### **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 **1.084 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 3 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 3 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

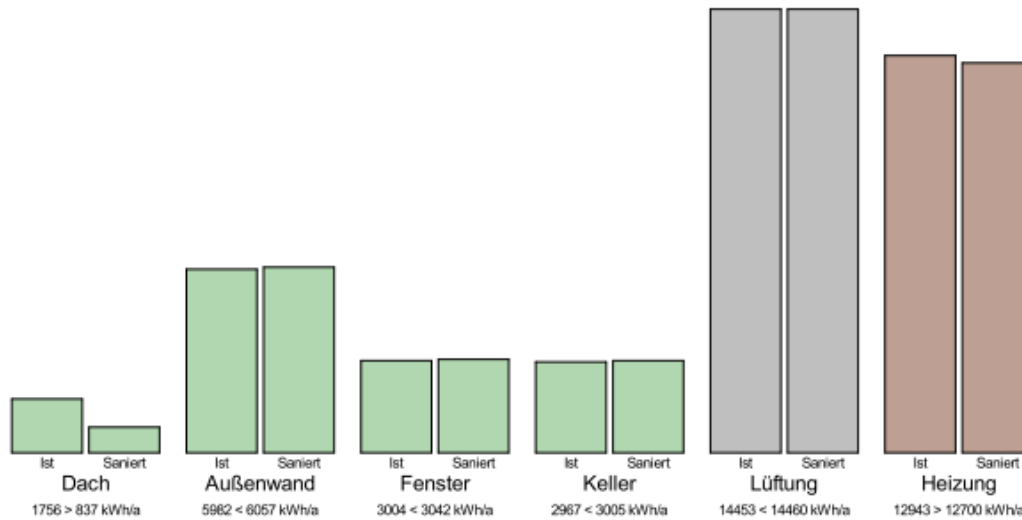
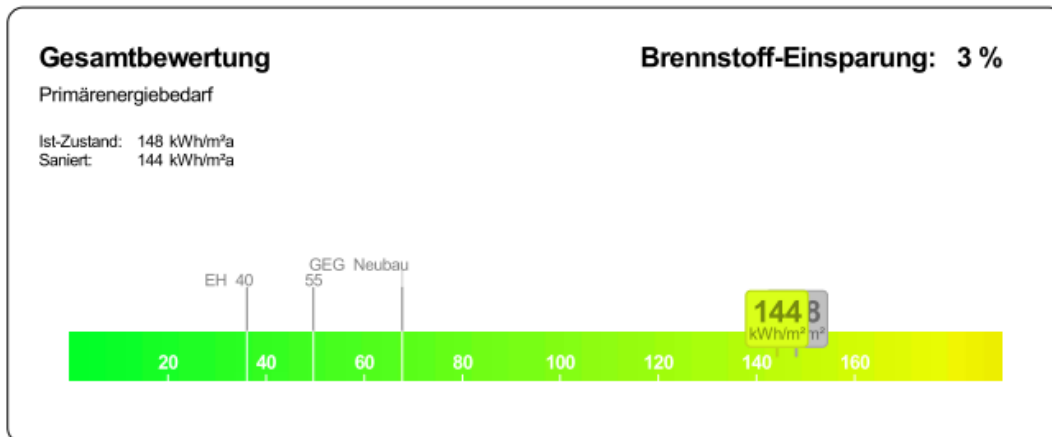


Abbildung 22 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.468 kWh/Jahr reduziert sich auf 33.494 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 974 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 243 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 144 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.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	5.421 EUR
Mögliche Fördermittel	1.084 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>5.421 EUR</b>

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

Abbildung 23 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	226	6.780
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.367	131.010
Summe	4.593	137.790
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.689	170.670
<b>Einsparung</b>	<b>1.096</b>	<b>32.880</b>

Die Investition amortisiert sich nach 13 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.318	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.237	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	2,00	%
Interner Zinsfuß	12,24	%

#### 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 **980 €** (unter Berücksichtigung der Erhöhung der Förderquote) könnte beantragt werden.



**Energieeinsparung - Variante 4 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes anschaulich nur sehr gering. Dies liegt daran, dass der Heizwärmebedarf aufgrund der geringeren Wärmeabgabe der LED-Beleuchtung steigt. Trotz der Zunahme des Wärmebedarfs wird dennoch Energie eingespart.

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

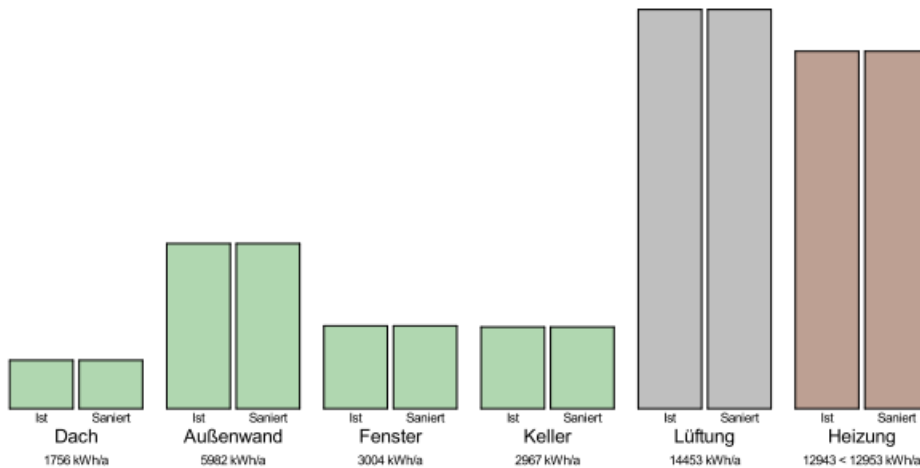


Abbildung 24 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.468 kWh/Jahr erhöht sich auf 34.469 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 80 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 205 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.

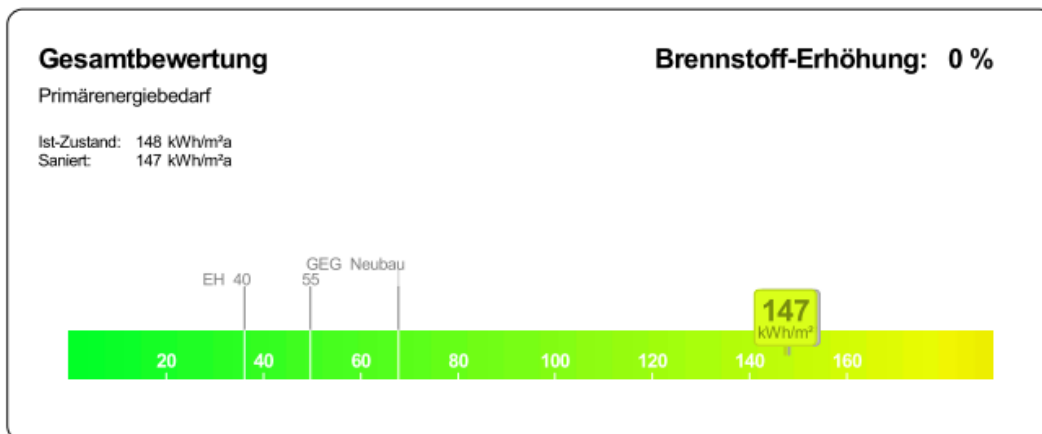


Abbildung 25 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	2.800 EUR
Mögliche Fördermittel	980 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>2.800 EUR</b>

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

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 4

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	210	3.150
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	4.142	62.130
Summe	4.352	65.280
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	4.376	65.640
<b>Einsparung</b>	<b>24</b>	<b>360</b>

Die Investition amortisiert sich nach 12 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	25	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.318	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.270	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	2,62	%

#### 4.6 SV 5: WÄRMEPUMPE + PV-ANLAGE

Der vorhandene Gas-Brennwertkessel ist vor kurzer Zeit erst ausgetauscht worden. Dennoch empfiehlt es sich nach der Nutzungszeit (ca. 15 Jahre) auf einen regenerativen Energieträger zu wechseln. Diese Maßnahme ist daher erst in einigen Jahren empfehlenswert.

Diese Maßnahme umfasst folgende Leistungen:

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

Der Stromverbrauch des Feuerwehrgerätehauses lag in den Jahren 2018 bis 2020 im Mittel bei ca. 1.438 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 Gebäude auf das PV-Dachflächenpotenzial untersucht. Aufgrund des Stromverbrauchs wurde eine PV-Anlage mit einer Generatorgröße von ca. 10,00 kWp simuliert. Die PV-Module werden mit einer West-Ausrichtung auf dem Dach des Gebäudes angebracht. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Der Strombezugspreis liegt bei ca. 0,27 €/kWh. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung konnte in der Simulation ein Eigenstromanteil von ca. 60 % 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.

#### **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 Wärmezeugung zu mindestens 25 % einbindet.</i>
<b>Förderquote</b>	<i>20-45 %, für Wärmepumpen 35%</i>
<b>Förderhöhe</b>	<i>Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)</i>
<b>Förderkreditbeitrag</b>	<i>Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m<sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)</i>

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **6.962 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 6 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 56 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

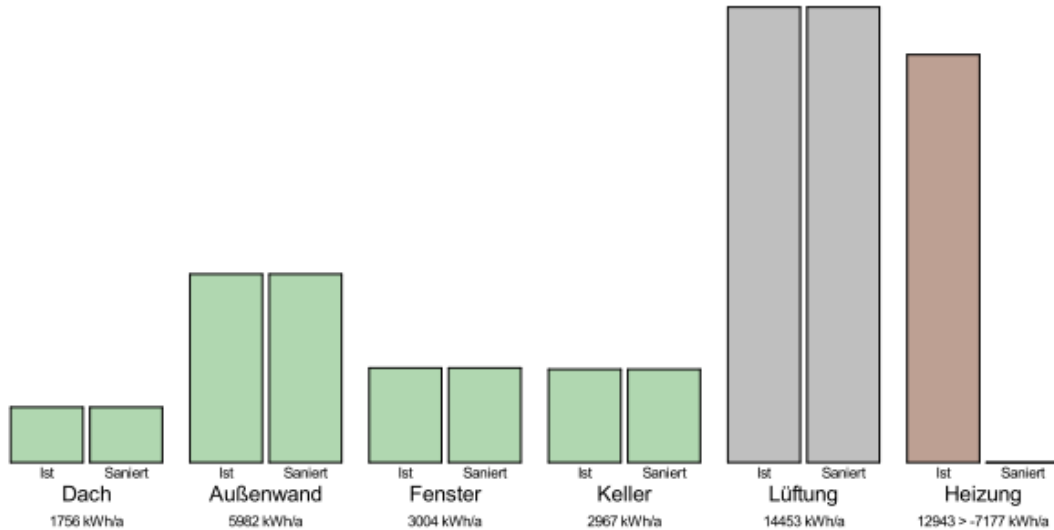
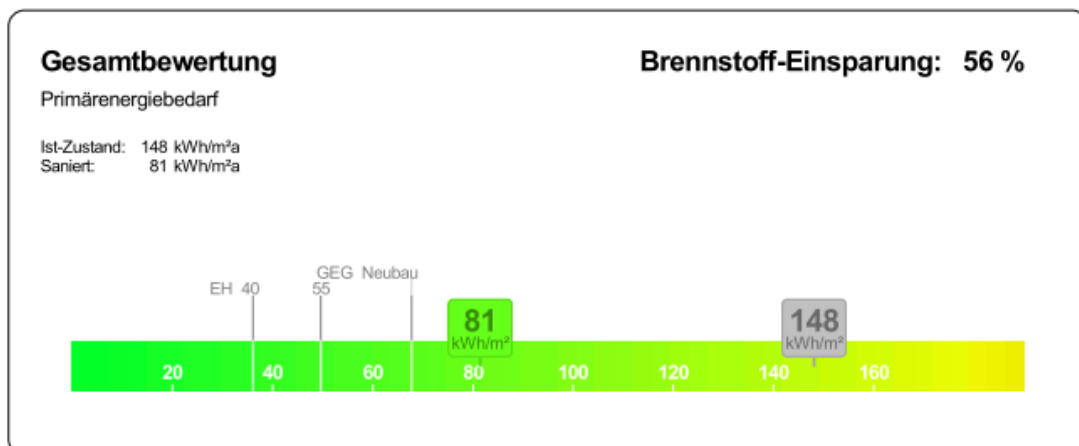


Abbildung 26 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.468 kWh/Jahr reduziert sich auf 15.004 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 19.464 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 946 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 81 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.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabella 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	33.852 EUR
Mögliche Fördermittel	6.962 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>33.852 EUR</b>

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

Abbildung 27 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

Tabella 16 Einsparpotenzial, SV 6

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.410	42.300
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	3.728	111.840
Summe	5.138	154.140
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	5.689	170.670
<b>Einsparung</b>	<b>551</b>	<b>16.530</b>

Die Investition amortisiert sich nach 25 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.318	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.763	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	2,00	%
Interner Zinsfuß	3,33	%

#### 4.7 MK1: MASSNAHMENKOMBINATION SV1 BIS SV6

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-Anlage

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 59 % und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 27 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

**Energieeinsparung - Variante 7 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 64 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

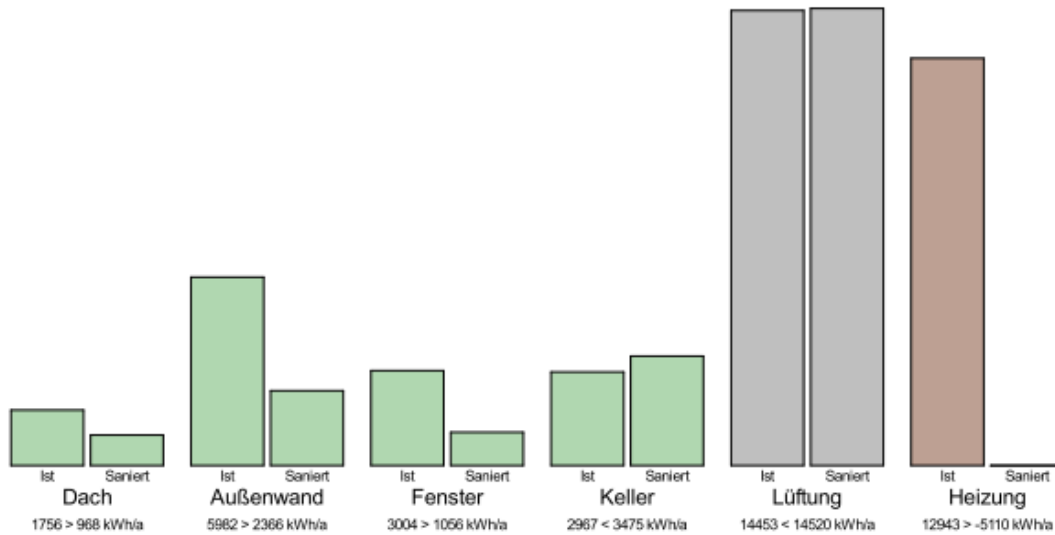


Abbildung 28 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 34.468 kWh/Jahr reduziert sich auf 12.195 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 22.273 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2.519 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 61 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.

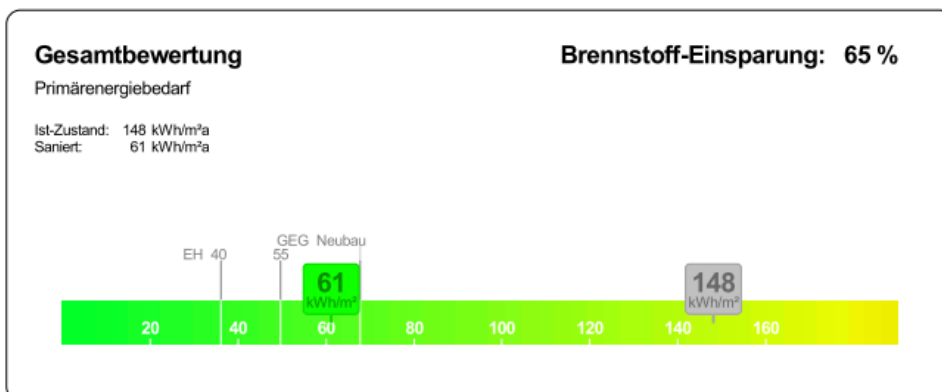


Abbildung 29 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **115.134 €**.

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

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	4.794	143.820
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	3.085	92.550
<i>Summe</i>	7.879	236.370
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	5.689	170.670
<b><i>Einsparung</i></b>	<b>-2.190</b>	<b>-65.700</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

<i>Betrachtungszeitraum</i>	30	<i>Jahre</i>
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand</i>	3.318	<i>EUR/Jahr</i>
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand</i>	2.286	<i>EUR/Jahr</i>
<i>Kalkulationszinssatz</i>	1,50	%
<i>Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen</i>	3,50	%
<i>Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand</i>	3,50	%
<i>Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand</i>	2,00	%
<i>Interner Zinsfuß</i>		%



## 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.

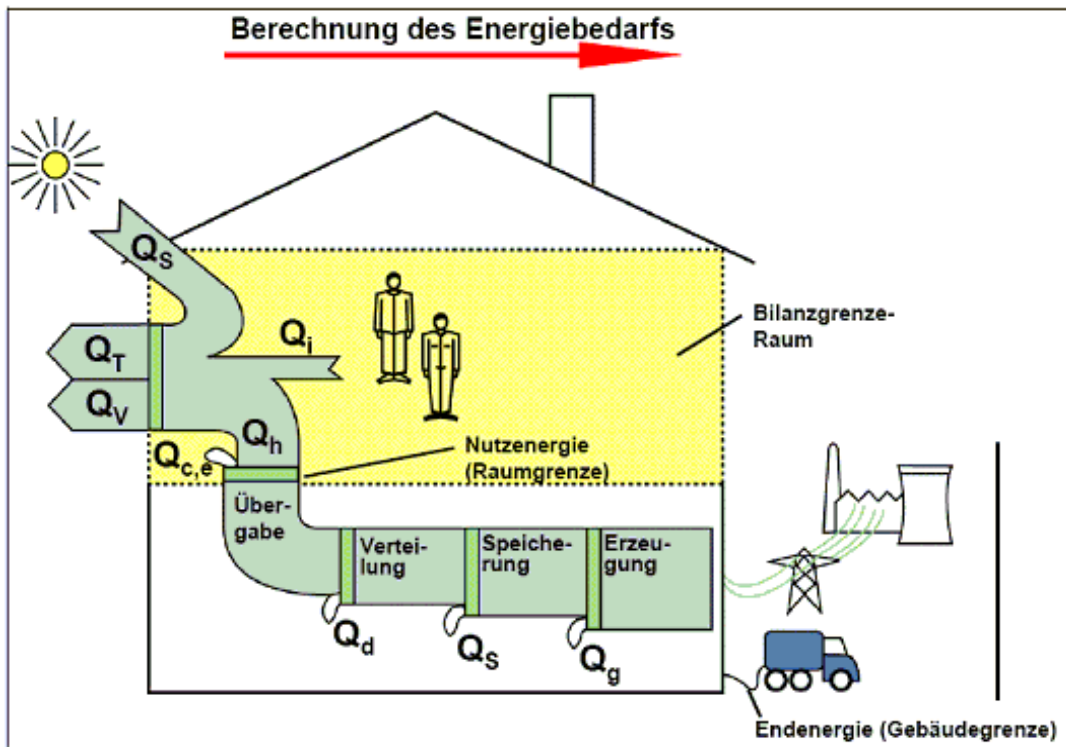


Abbildung 30 Primärenergie

### 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 $A_N$**

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.