



2.2 Energiemanagementsysteme des Amt Horst-Herzhorn energetische Betrachtung

FÜR DIE FEUERWEHR KIEBITZREIHE IN 25368 KIEBITZREIHE

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

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Greven, den 28.06.2023

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
TABELLENVERZEICHNIS	4
1 Einleitung.....	5
2 Zusammenfassung.....	6
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	6
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	7
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	8
3 Ausgangssituation.....	10
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	10
3.2 FOTODOKUMENTATION	11
3.3 GEBÄUDEHÜLLE	12
3.3.1 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle.....	12
3.3.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand.....	12
3.3.3 Wärmebrücken.....	13
3.4 ANLAGENTECHNIK.....	13
3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	15
3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	15
3.5.2 Verbrauchskennwerte.....	16
3.6 ENERGIEKOSTEN, CO ₂ -EMISSIONSFAKTOREN UND PREISSTEIGERUNG	17
3.7 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	18
4 Sanierungsvarianten.....	19
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	19
4.2 SV1: AUßENWANDSANIERUNG	20
4.3 SV2: DACHSANIERUNG+PV-ANLAGE	23
4.4 SV3: AUSTAUSCH FENSTER BJ. 88	26
4.5 SV4: LED-BELEUCHTUNG	29
4.6 SV5: LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE	32

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]	6
Abbildung 2 Energiekosten [€/a]	6
Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_P [kWh/a]	7
Abbildung 4 CO ₂ -Emissionen [kWh/a]	7
Abbildung 5 Investitionskosten [€]	8
Abbildung 6 Lageplan des zu bewertenden Gebäudes (rot umkreist)	10
Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	16
Abbildung 8 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger	18
Abbildung 9 Primärenergiebedarf, SV1	21
Abbildung 10 3D-Darstellung eines möglichen PV-Konzepts	23
Abbildung 11 Primärenergiebedarf, SV2	24
Abbildung 12 Primärenergiebedarf, SV3	27
Abbildung 13 Primärenergiebedarf, SV4	30
Abbildung 14 Primärenergiebedarf, SV5	33

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung	9
Tabelle 2 Allgemeine Angaben zum Gebäude	10
Tabelle 3 Vergleich der U-Werte	12
Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	15
Tabelle 5 Energieverbrauchskennwerte.....	16
Tabelle 6 CO ₂ - Emissions- und Primärenergiefaktoren	17
Tabelle 7 Spezifische Energiepreise nach Energieträger	17
Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV1.....	22
Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV1.....	22
Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV2	25
Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV2	25
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV3	28
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV3	28
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV4	31
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV4	31
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	34
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 5	34

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Gebäudebericht für das Feuerwehrhaus Kiebitzreihe wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes 2.2 Energiemanagementsysteme nach PTJ erstellt.

Mit den Bewertungskriterien des Förderschwerpunktes nach PTJ wird das Anforderungsniveau für Nichtwohngebäude nach der Norm 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 Gebäudebewertung wird das vereinfachte Modell verwendet. Mit der Zonierung der Gebäude werden pauschalisierte Annahmen zum Nachweis der Einhaltung eines im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgeschriebenen Anforderungsniveau 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.¹ Die Energieverbräuche können als Vergleichsgrundlage für die Berechnung des Energiebedarfs nur teilweise herangezogen werden, da in den Sanierungsvarianten lediglich die Hilfsenergie für die technischen Anlagen (Heizung, Beleuchtung usw.) und die Raumwärme betrachtet wird d.h., dass auch bei einem Eigenstromverbrauch aus PV-Produktion nur der Anteil für die Hilfsenergie energiewirtschaftlich betrachtet wird.

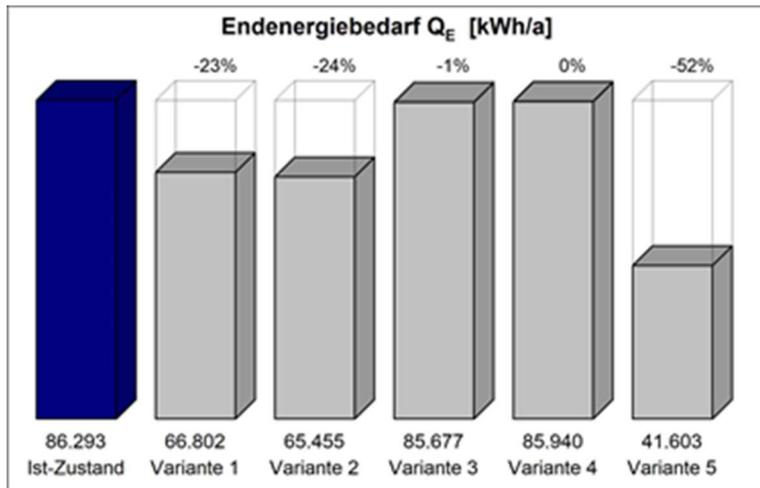
Insgesamt wird bei den Ergebnissen der Sanierungsvarianten eine Schwankungsbreite von bis zu 40% angenommen. Diese Abweichungen sollten bei der Bewertung der verschiedenen Sanierungsvarianten von der Gemeinde berücksichtigt werden.

¹ Untersuchungsbericht: Energiebedarf versus Energieverbrauch – Fachhochschule Bielefeld, Institut für Bauphysik und Baukonstruktion. Stand 25.10.2019
<https://www.hausundgrund.de/sites/default/files/downloads/fh-bielefelduntersuchungenergiebedarfversusenergieverbrauch12112019.pdf>

2 ZUSAMMENFASSUNG

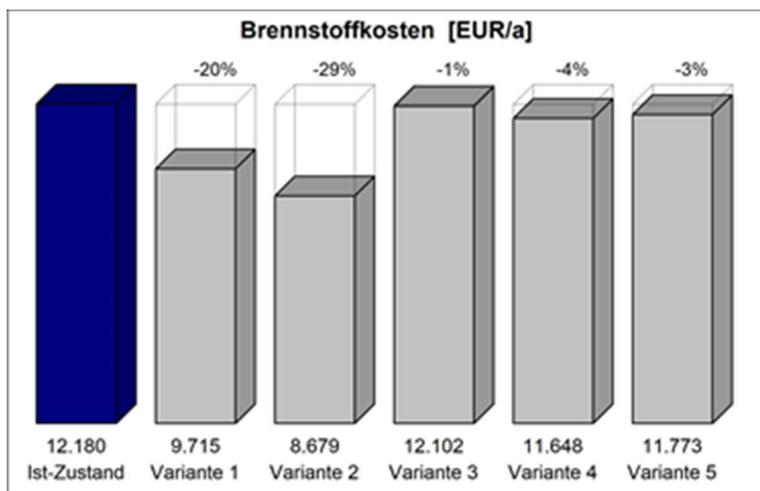
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

Nachfolgend sind die Einsparungen an Endenergie nach Maßnahmenumsetzung aufgeführt, die durch Modernisierungen am Gebäude und der Anlagentechnik generiert werden können:



Var.1 - Außenwandsanierung
 Var.2 - Dachsanierung+PV-Anlage
 Var.3 - Austausch Fenster Bj. 88
 Var.4 - LED-Beleuchtung
 Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe

Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]



Var.1 - Außenwandsanierung
 Var.2 - Dachsanierung+PV-Anlage
 Var.3 - Austausch Fenster Bj. 88
 Var.4 - LED-Beleuchtung
 Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe

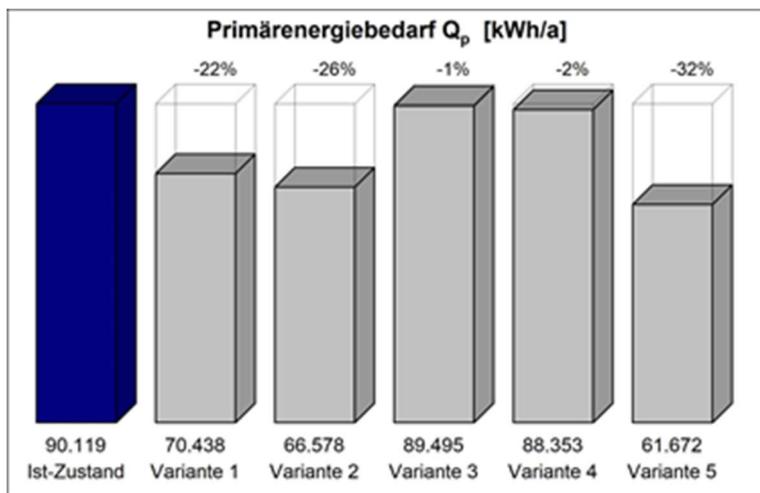
Abbildung 2 Energiekosten [€/a]

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 CO₂-Ausstoß und Primärenergie.

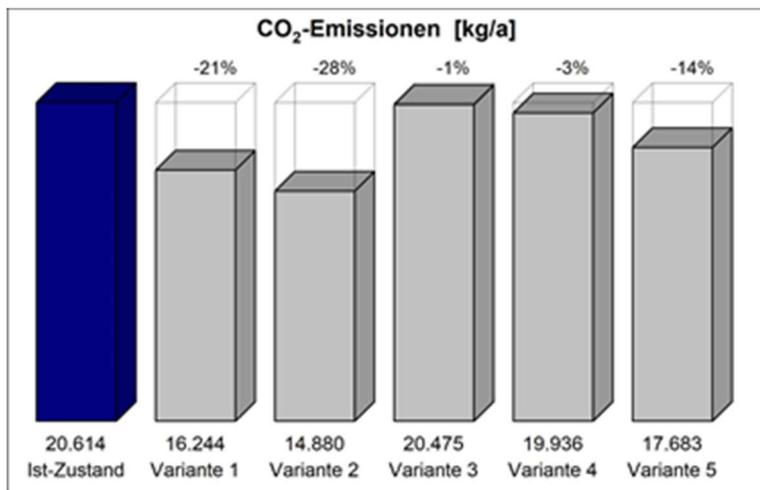
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO₂-Ausstoß. Neben der CO₂-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO_x, SO₂ und Staub belastet.

In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO₂-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.



- Var.1 - Außenwandsanierung
- Var.2 - Dachsanierung+PV-Anlage
- Var.3 - Austausch Fenster Bj. 88
- Var.4 - LED-Beleuchtung
- Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe

Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_p [kWh/a]

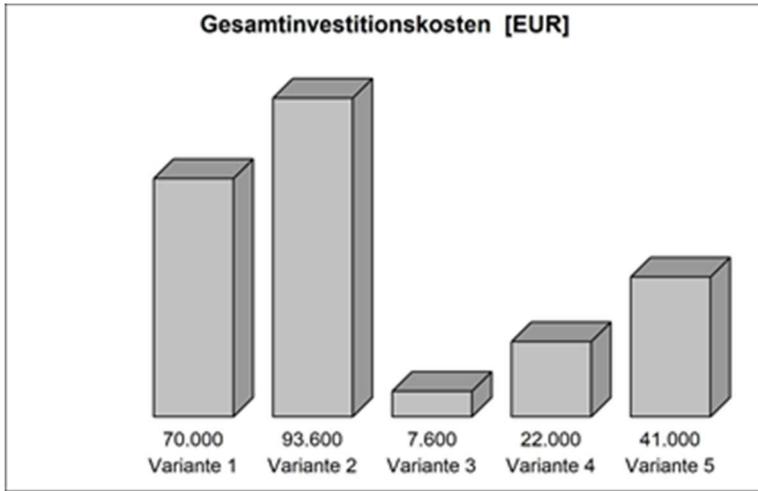


- Var.1 - Außenwandsanierung
- Var.2 - Dachsanierung+PV-Anlage
- Var.3 - Austausch Fenster Bj. 88
- Var.4 - LED-Beleuchtung
- Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe

Abbildung 4 CO₂-Emissionen [kWh/a]

2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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



- Var.1 - Außenwandsanierung
- Var.2 - Dachsanierung+PV-Anlage
- Var.3 - Austausch Fenster Bj. 88
- Var.4 - LED-Beleuchtung
- Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe

Abbildung 5 Investitionskosten [€]

Unter der Berücksichtigung der Zuschüsse der verschiedenen Förderprogramme verbessert sich die Amortisationszeit jeder vorgeschlagenen Sanierungsvariante. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung in Kapitel 4 erfolgt ohne Berücksichtigung der Zuschüsse.

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

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung

<i>Reihenfolge der Sanierungsvarianten</i>	<i>CO₂-Einsparung [kg/a]</i>	<i>Investitionsausgaben (brutto) inkl. 20 % NK [€]</i>	<i>Zuschüsse aus Förderprogrammen [€] (Stand: Juni 2023)</i>	<i>Amortisationszeit [Jahre]</i>
Schritt 1: Dachsanierung + PV-Anlage	5.734	84.000 +9.600	12.600, 15 % BAFA - BEG EM (Dachsanierung)	27
Schritt 2: Außenwandsanierung	4.370	70.000	10.500, 15 % BAFA - BEG EM	25
Schritt 3: Luft-Wasser-Wärmepumpe	2.931	41.000	10.250, 25 % BAFA - BEG Heizungstausch	-
Schritt 4: Austausch Fenster Bj. 88	139	7.600	1.140, 15 % BAFA - BEG EM	-
Schritt 5: LED-Beleuchtung	678	22.000	3.300, 15 % BAFA - BEG EM Anlagentechnik	-
Summe	13.852	234.200	37.790	

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.

3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Feuerwehr Kiebitzreihe wurde 1975 gebaut. Die Außenwände wurden als zweischaliges Mauerwerk mit Gasbeton und Verblendern errichtet. Das Flachdach wurde als Kaltdach konstruiert. Die Tore sowie teilweise die Fenster der Feuerwehr wurden 2009 getauscht. Für die Wärmeversorgung sorgt ein Gas-Brennwertkessel von Vaillant.

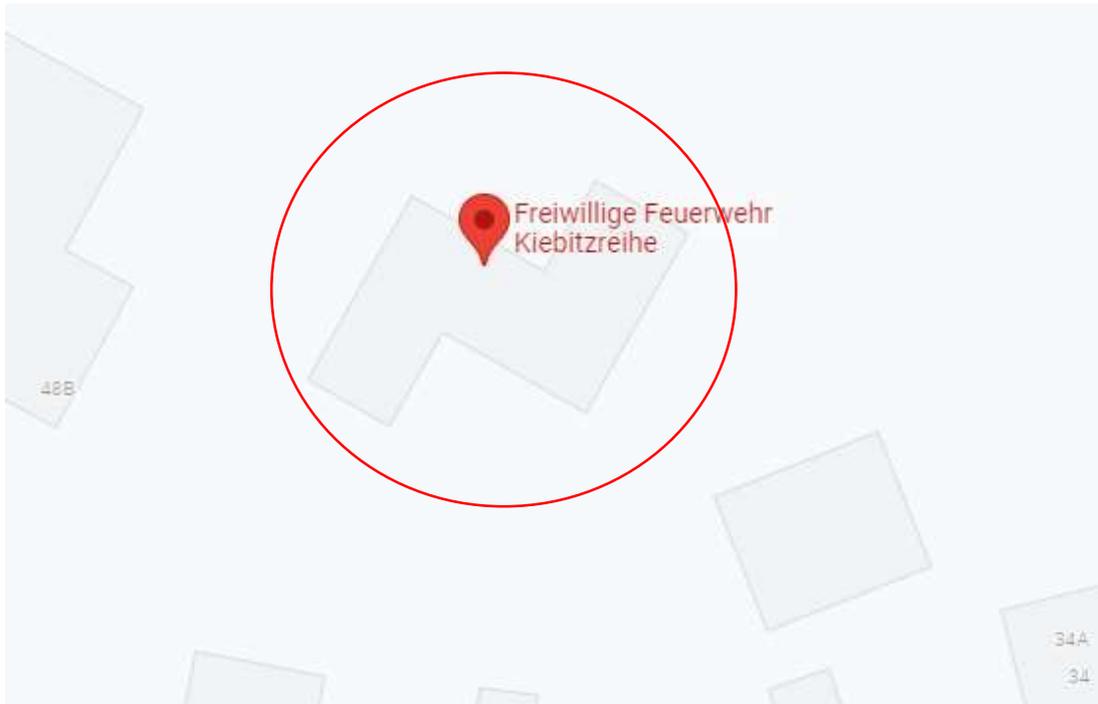


Abbildung 6 Lageplan des zu bewertenden Gebäudes (rot umkreist)

Tabelle 2 Allgemeine Angaben zum Gebäude

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Feuerwehr Kiebitzreihe</i>
Gebäudetyp	Feuerwehr
Straße, Hausnr.	Hauptstraße 46
PLZ, Ort	25368, Kiebitzreihe
Baujahr	1975
Beheiztes Gebäudevolumen V	1.251 m ³
Nettogrundfläche ANGF	312 m ²
Thermische Hüllfläche	1.069 m ²

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

3.2 FOTODOKUMENTATION



3.3 GEBÄUDEHÜLLE

3.3.1 Wärmetechnische Einstufung der Gebäudehülle

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

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 Literaturangabe² und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten Bestandsdaten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der KfW mit angegeben³.

Tabelle 3 Vergleich der U-Werte

<i>Bezeichnung</i>	<i>Ist-Zustand [W/(m²K)]</i>	<i>GEG⁴[W/(m²K)]</i>	<i>BEG-Förderung⁵ [W/(m²K)]</i>
Dach	0,80	0,20	0,14
Außenwand	1,0	0,24	0,20
Fenster	1,3 - 2,70	1,30	0,95
Tür	1,8 - 4,00	1,80	1,30
Bodenplatte	0,80	0,30	0,25

3.3.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

U-Werte für Bauteilaufbauten werden entsprechend des Baualters eingestuft. Sollten konkrete Bauteilbeschreibungen vorliegen, werden diese Berücksichtigung finden.

² „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

³ 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_w -Wert für Rahmen und Verglasung

⁴ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren des GEG 2023 gelten als erfüllt, wenn der Jahres-Primärenergiebedarf sowie die mittleren U-Werte des gesamten Gebäudes die Höchstwerte für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreiten.

⁵ Die Mindestanforderungen an U-Werte für BEG-Förderung gelten nicht für die Förderung von Neubau und Sanierung von Effizienzgebäuden gem. BEG-Richtlinie (BEG NWG). Die Anforderungen Stand Juni 2023 können jederzeit aktualisiert werden.

3.3.3 Wärmebrücken

Bei einer Wärmebrücke handelt es sich grundsätzlich um ein gestörtes Bauteil und steht somit für einen Sonderfall in der Konstruktion der Gebäudehülle. Bauteilschwächungen oder Materialwechsel können diese Wärmebrückeneffekte begünstigen. Es können aber ebenso geringere Dämmstärken für die Wärmebrückenwirkung verantwortlich sein.

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

3.4 ANLAGENTECHNIK

Beheizung	
<p>In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Gas-Brennwertkessel aus dem Jahr 2012, welcher im Heizungsraum der Feuerwehr untergebracht ist. Die Heizungsanlage versorgt das gesamte Gebäude.</p> <p>Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung</p>	
Erzeuger	Vaillant VCW 196/3-5, 19 kW
Baujahr	2012
Art des Erzeugers	Brennwertkessel
Umgebung	Innerhalb Zone
Zone	Feuerwehr
Energieträger	Erdgas H

Warmwasserbereitung

Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

Die Warmwasserbereitung der Feuerwehr erfolgt über den Gas-Brennwertkessel und über Durchlauferhitzer.

Lüftung/Klima

Eine Lüftung findet in jedem Gebäude 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 CO₂ 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.

In den untersuchten Gebäuden erfolgt die Be- und Entlüftung hauptsächlich über die vorhandenen Fenster und Türen.

3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Für die in diesem Bericht betrachtete Feuerwehr werden die Verbräuche des Gebäudes abgebildet. Hieraus werden anschließend entsprechende Sanierungsmaßnahmen abgeleitet.

Der Energieverbrauch wird entscheidend durch das Nutzungsverhalten 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 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der Jahre 2019-2021 dargestellt.

Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

<i>Jahr</i>	<i>Heizung (Gas)</i>	<i>Klima- faktor</i>	<i>witterungs- bereinigter Wärmeverbrauch</i>	<i>Strom</i>	<i>Energie- verbrauch Gesamt</i>	<i>Wasser</i>
<i>[-]</i>	<i>[kWh/a]</i>	<i>[-]</i>	<i>[kWh/a]</i>	<i>[kWh/a]</i>	<i>[kWh/a]</i>	<i>[m³/a]</i>
2019	36.568	1,10	40.225	4.514	44.739	113
2020	37.620	1,13	42.511	4.391	46.902	157
2021	35.010	1,04	36.410	3.707	40.117	91
Mittelwert	36.399		39.715	4.204	43.919	120

3.5.2 Verbrauchskennwerte

Das Verfahren des Verbrauchskennwertvergleiches ermöglicht 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.⁶

Für das Gebäude wurde der Mittelwert aus den Verbrauchsdaten der Jahre 2019, 2020 und 2021 gebildet und durch die Netto-Grundfläche von 312 m² dividiert.

Tabelle 5 Energieverbrauchskennwerte

Feuerwehren	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² _{NGFa}] bzw. [dm ³ /m ² _{NGFa}]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Energieträger			
Strom	5	13	19
Wärme	58	127	124
Wasser	34	386	230

Als Orientierung zur Einstufung von Verbrauchswerten in den verschiedenen Medienbereichen (Strom, Wärme, Wasser) werden zunächst statistische Erhebungen über Energieverbräuche und Energiekosten herangezogen. Die nachfolgende Abbildung 7 stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser dar.

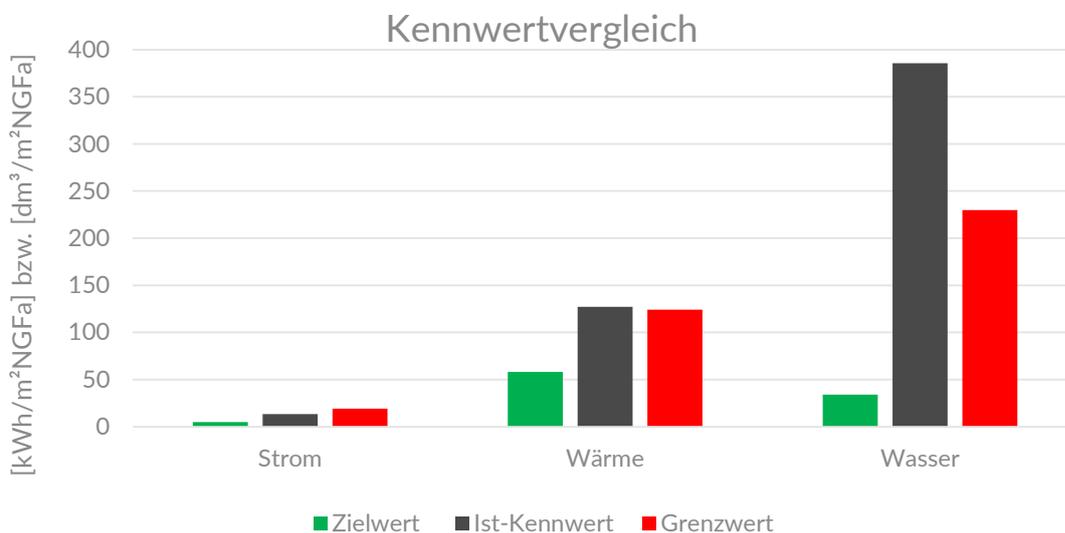


Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

⁶ Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005); Zielwert: Unterer Quartilmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch); Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

Die Ist-Kennwerte des Stromverbrauchs liegen innerhalb der Ziel- und Grenzwerte. Der Ist-Kennwert für den Wärmeverbrauch ist minimal über dem Grenzwert. Die in diesem Bericht vorgeschlagenen Maßnahmen würden den Ist-Kennwert weiter senken und somit dem Zielwert näherbringen.

Der Ist-Kennwert des Wasserverbrauchs ist deutlich höher als der Grenzwert. Hier sollte geprüft werden, woher der erhöhte Wasserverbrauch stammt. Um den Wasserverbrauch zu senken, können Durchflussbegrenzer in den Duschräumen, in der Küche und im WC eingesetzt werden. Der hohe Wasserverbrauch kann durch das regelmäßige Befüllen und Vorhalten der Löschfahrzeuge zustande kommen.

3.6 ENERGIEKOSTEN, CO₂-EMISSIONSFAKTOREN UND PREISSTEIGERUNG

Für die Sanierungsvarianten wurden folgende CO₂-Emissionsfaktoren, Primärenergiefaktoren und spezifischen Energiepreise je Energieträger angesetzt:

Tabelle 6 CO₂- Emissions- und Primärenergiefaktoren

<i>Energieträger</i> [-]	<i>CO₂-Emissionsfaktor</i> [g/kWh]	<i>Primärenergiefaktor [-]</i>
Erdgas	240	1,10
Strom	560	1,80

Tabelle 7 Spezifische Energiepreise nach Energieträger

<i>Bezeichnung</i> [-]	<i>Preis in Brutto</i> [€/kWh]
Erdgas (inkl. CO ₂ -Steuer)	0,12
Strom-Mix	0,40
Strom Wärmepumpentarif	0,37

Preissteigerung durch CO₂-Steuer

Die CO₂ -Steuer soll den Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen hin zu erneuerbaren Technologien fördern. Die sogenannte CO₂ -Steuer verteuert Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas dabei so, dass sich die Kosten in Zukunft stärker am tatsächlichen CO₂-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 CO₂ 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 CO₂-Emissionen) voraussichtlich weiter an.

Die Nachfolgende Abbildung zeigt einen prognostizierten Anstieg der Energiekosten mit verschiedenen Energieträgern um bis zu 25 % bis 2026.

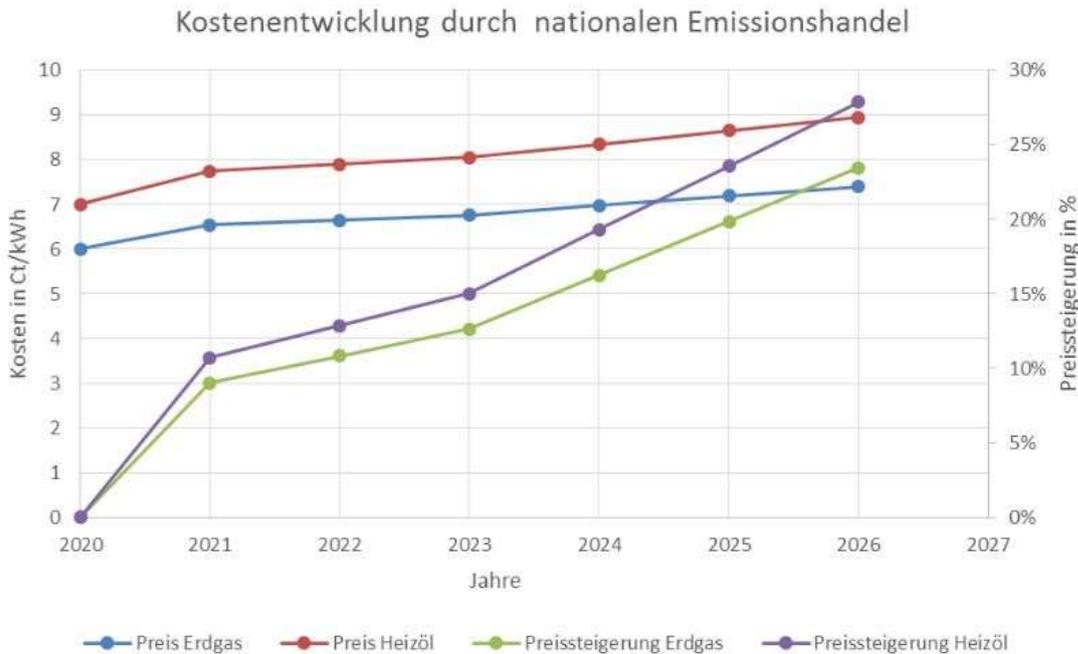


Abbildung 8 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger

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

- kalkulatorischer Zinssatz 3,00 %
- jährliche Preissteigerung - Brennstoff 4,00 %

3.7 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 das Amt Horst-Herzhorn vor Projektbeginn mehrere Vergleichsangebote einholen. Zudem sollte das Amt Horst-Herzhorn 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.

Beispiel:

Malerarbeiten bei dem Austausch von alten Leuchtmitteln oder Anpassung des Flachdaches an ein neues Wärmedämmverbundsystem.

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

Empfohlene Sanierungsvarianten:

SV1: Außenwandsanierung

SV2: Dachsanierung + PV-Anlage

SV3: Austausch Fenster Bj. 88

SV4: LED-Beleuchtung

SV5: Luft-Wasser-Wärmepumpe

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen.

4.2 SV1: AUßENWANDSANIERUNG

Die alten Wandflächen der Feuerwehr Kiebitzreihe werden entsprechend den Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gedämmt. Um Fördermittel in Anspruch nehmen zu können, muss der U-Wert für Außenwände $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ betragen. Durch eine Dämmstoffstärke von 14 cm und einer Wärmeleitgruppe von 035 wird sogar ein U-Wert von $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

Für die Ausführung werden folgende Arbeiten berücksichtigt. Alle vorhandenen Verblender werden entfernt. Die freigelegten Wandflächen werden für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht und verdübelt. Die Gestaltung der äußeren Schicht kann individuell durch z. B. Putz oder Klinkerriemchen erfolgen. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

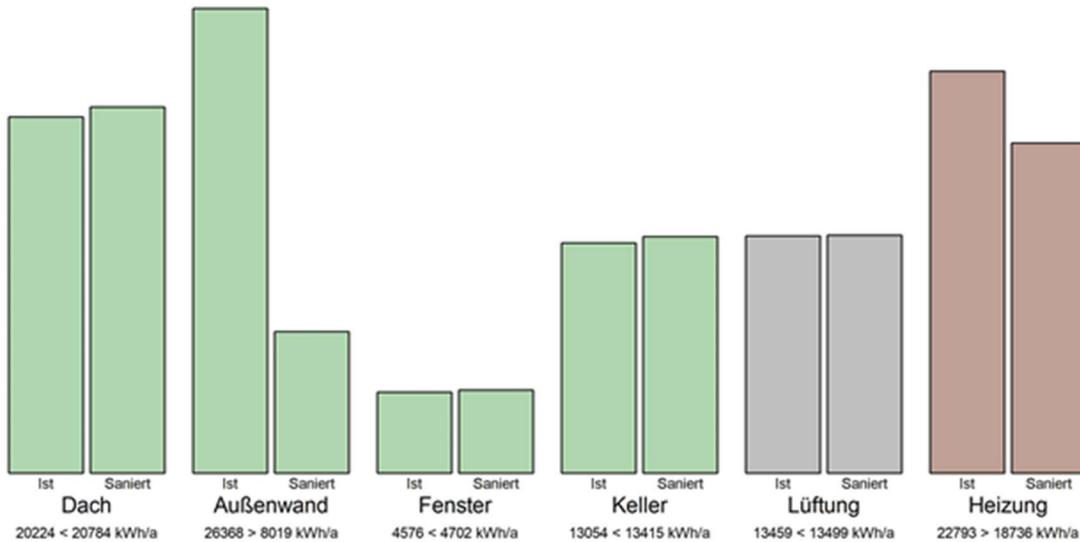
<i>Info</i>	<i>Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).</i>
<i>Förderquote</i>	15 %
<i>Förderhöhe</i>	Mindestinvestition 2.000 EUR (Brutto)
<i>Förderbeitrag</i>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 EUR pro m^2 NGF (max. 5 Mio. EUR)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 10.500 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 23 %.

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 86.293 kWh/Jahr reduziert sich auf 66.802 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 19.491 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.370 kg CO₂/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 **226 kWh/m²** pro Jahr.

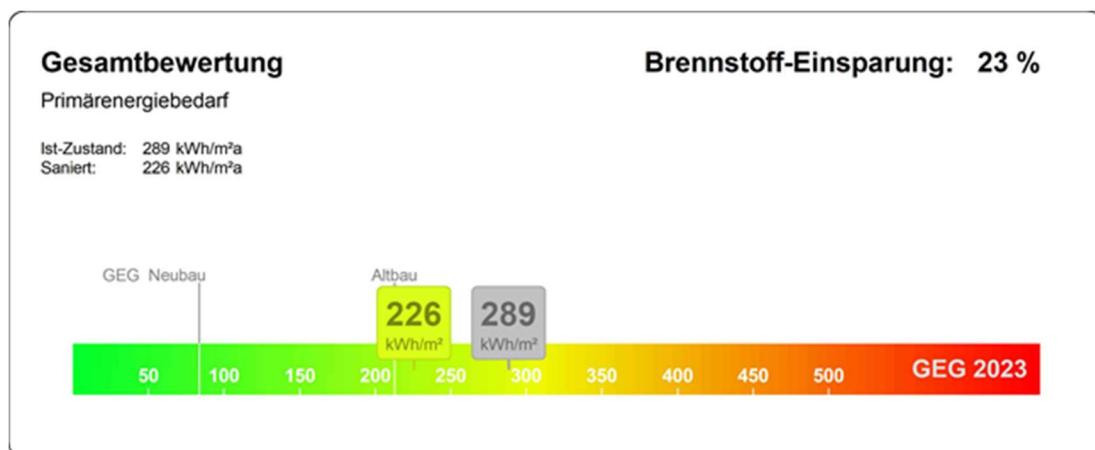


Abbildung 9 Primärenergiebedarf, SV1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV1

Gesamtinvestitionen	70.000 EUR
Mögliche Fördermittel	10.500 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	31.000 EUR

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV1

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
Kapitalkosten	3.571	107.130
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	17.332	519.960
Summe	20.903	627.090
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.731	651.930
Einsparung	828	24.840

Die Amortisationsdauer beträgt 25 Jahre.

4.3 SV2: DACHSANIERUNG+PV-ANLAGE

Das alte Flachdach wird entsprechend den Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gedämmt, um die BEG-Förderung in Anspruch nehmen zu können. Dabei wird ein U-Wert von 0,14 W/m²K gefordert. Mit einer Dämmstärke von 20 cm und einer Wärmeleitgruppe von 035 wird dieser erreicht.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 EUR (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 EUR pro m ² NGF (max. 5 Mio. EUR)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von ca. 12.600 EUR (Investition von 84.000 €) beantragt werden.

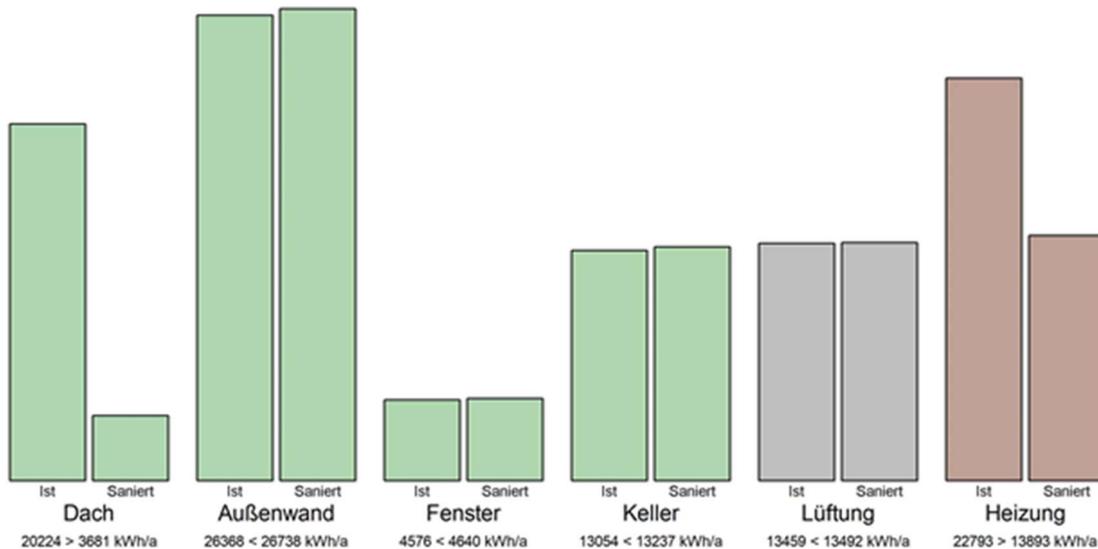
Zusätzlich wird in dieser Sanierungsvariante auf dem sanierten Flachdach eine PV-Anlage über der Fahrzeughalle installiert. Die Module werden nach Nordwest und Südost ausgerichtet. Die PV-Anlage weist eine Leistung von 6,4 kWp auf und hätte eine Fläche von ca. 29 m². Insgesamt würden 16 PV-Module installiert werden. Die folgende Abbildung zeigt ein mögliches Konzept der PV-Anlage.



Abbildung 10 3D-Darstellung eines möglichen PV-Konzepts

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 24 %.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 86.293 kWh/Jahr reduziert sich auf 65.455 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 20.838 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5.734 kg CO₂/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 **213 kWh/m²** pro Jahr.

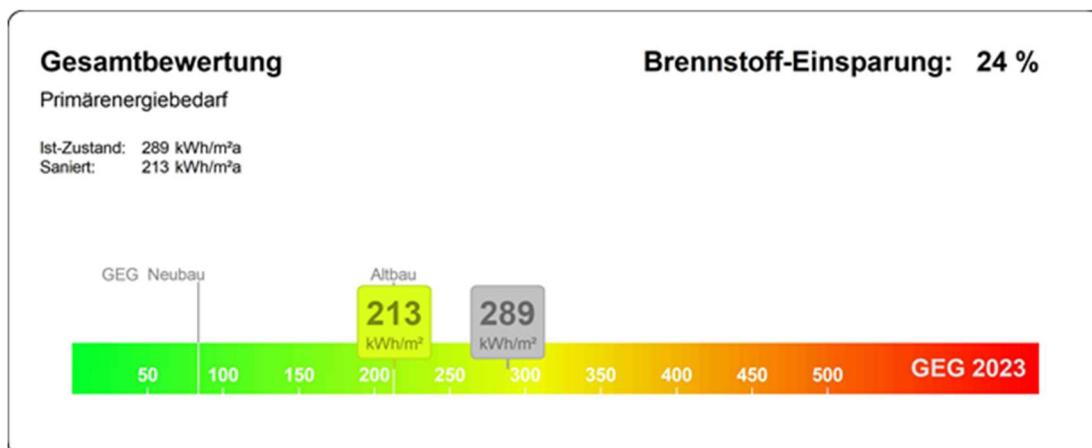


Abbildung 11 Primärenergiebedarf, SV2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV2

Gesamtinvestitionen	93.600 EUR
Mögliche Fördermittel (nur Dachsanierung)	12.600 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	93.600 EUR

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV2

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
Kapitalkosten	5.085	152.550
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	15.484	464.520
Summe	20.569	617.070
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	<i>21.731</i>	<i>651.930</i>
Einsparung	1.162	34.860

Die Amortisationsdauer beträgt 27 Jahre.

4.4 SV3: AUSTAUSCH FENSTER BJ. 88

Das Gebäude ist mit Holz- und Kunststofffenstern ausgestattet. Die Kunststofffenster sind aus 2009 und die Holzfenster aus 1988. In dieser Sanierungsvariante werden die Holzfenster ausgetauscht, da sie keine guten Wärmedämmeigenschaften aufweisen. Der aktuelle U_w -Wert für Fenster nach dem GEG beträgt $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ anzusetzen. Die alten Fenster werden durch neue 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt.

Hinweis: 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

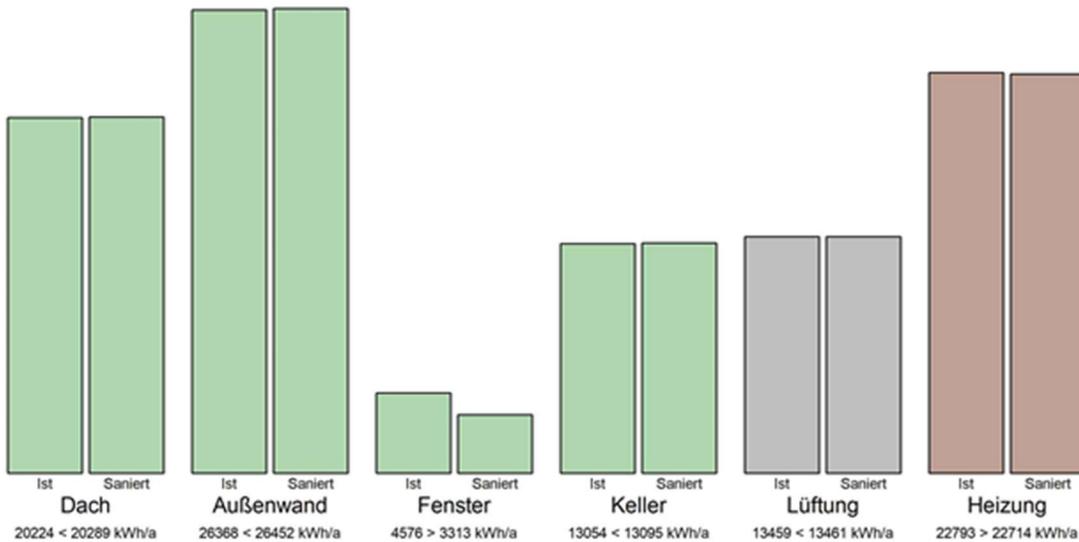
<i>Info</i>	<i>Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).</i>
<i>Förderquote</i>	15 %
<i>Förderhöhe</i>	Mindestinvestition 2.000 EUR (Brutto)
<i>Förderbeitrag</i>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 EUR pro m^2 NGF (max. 5 Mio. EUR)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von ca. 1.140 EUR beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante 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.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 86.293 kWh/Jahr reduziert sich auf 85.677 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 616 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 139 kg CO₂/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 **287 kWh/m²** pro Jahr.

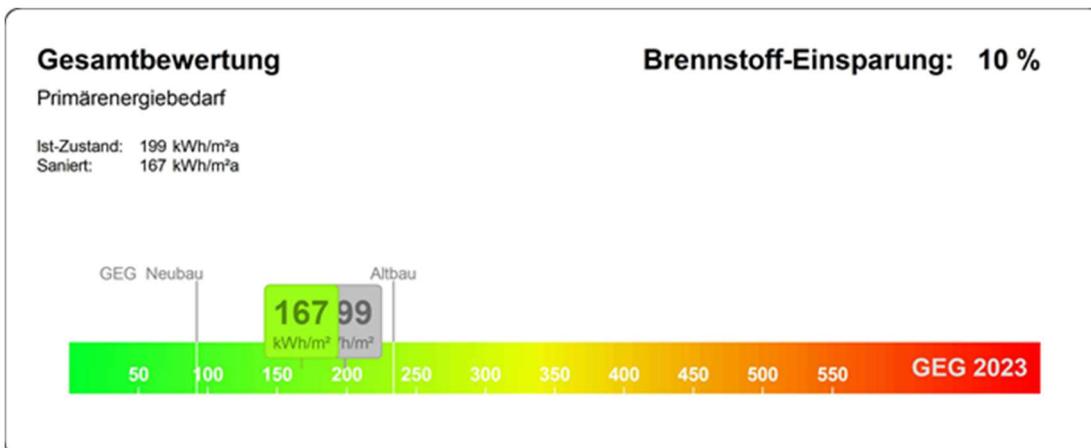


Abbildung 12 Primärenergiebedarf, SV3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV3

Gesamtinvestitionen	7.600 EUR
Mögliche Fördermittel	1.140 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	7.600 EUR

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV3

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
Kapitalkosten	3.88	11.640
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	21.590	647.700
Summe	21.978	659.340
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.731	651.930
Einsparung	-	-

4.5 SV4: LED-BELEUCHTUNG

Die derzeitige Beleuchtung des Gebäudes erfolgt über Leuchtstoffröhren mit KVG (konventionelles Vorschaltgerät) und EVG (elektronische Vorschaltgeräte). In dieser Sanierungsvariante werden die vorhandenen Leuchtstoffröhren gegen hocheffiziente LED-Beleuchtung getauscht. Durch die weitere Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO₂-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden. Mit ihrer höheren Energieeffizienz, ihrer erheblich längeren Lebensdauer und ihrer deutlich geringeren Umweltauswirkung im Vergleich zu herkömmlichen elektronischen Vorschaltgeräten stellen LEDs eine attraktive Alternative dar. 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.

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

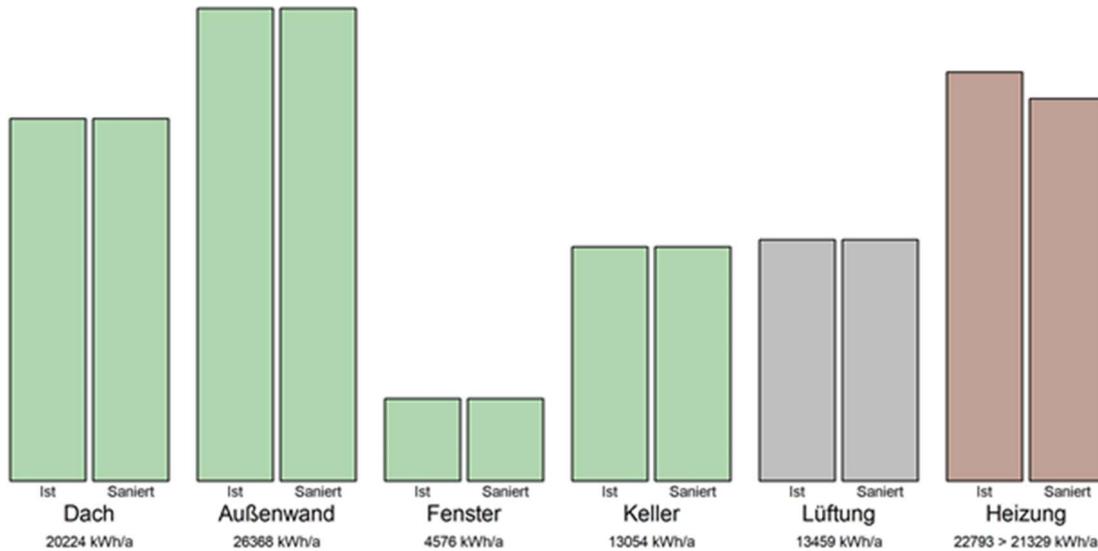
<i>Info</i>	Gefördert wird der Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes, wie beispielsweise einer energieeffizienten raumlufttechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
<i>Förderanteil</i>	15 %
<i>Antragsberechtigt</i>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto) Max. 1.000€ pro m ² NGF (max. 15 Mio.€)
<i>Fristen</i>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 3.300 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes minimal.

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 86.293 kWh/Jahr reduziert sich auf 85.940 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 353 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 678 kg CO₂/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 **283 kWh/m²** pro Jahr.

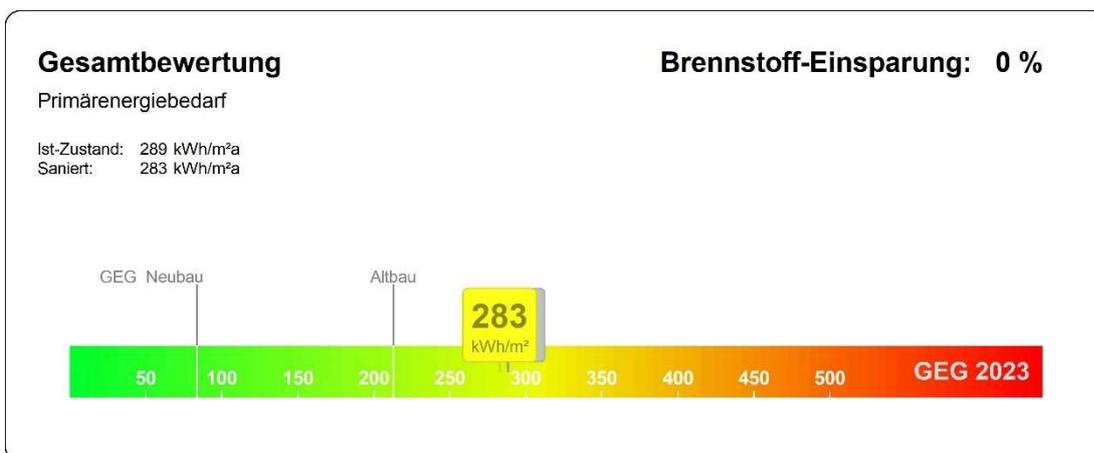


Abbildung 13 Primärenergiebedarf, SV4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV4

Gesamtinvestitionen	22.000 EUR
Mögliche Fördermittel	3.300 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	22.000 EUR

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 25,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV4

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
Kapitalkosten	1.263	31.575
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	19.007	475.175
Summe	20.270	506.750
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	19.876	496.900
Einsparung	-	-
Amortisationszeit	-	-

4.6 SV5: LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE

Die Feuerwehr Kiebitzreihe wird über eine Gas-Brennwertheizung aus dem Jahr 2012 mit Wärme versorgt. Die Nutzungsdauer der Heizungsanlage ist noch nicht erreicht, sodass die Heizung noch nicht ausgetauscht werden sollte. Langfristig wird jedoch empfohlen, einen Wäremeerzeuger, der einen regenerativen Energieträger nutzt, einzubauen.

In dieser Sanierungsvariante wird eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eingebaut und die bestehende Gasbrennwertheizung bleibt für die Spitzenlast bestehen. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe nutzt die Energie der Umwelt, um das Gebäude CO₂-sparend zu beheizen. Sie entzieht der Außenluft thermische Energie und überträgt diese als Nutzwärme in das Gebäude. Für die Dimensionierung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und die Umsetzung dieser Maßnahme ist ein Fachplanungsbüro hinzuzuziehen.

In der Simulation dieser Sanierungsmaßnahme wurde eine Wärmepumpe mit einer Leistung von ca. 15 kW vorgesehen und einem Heizungspufferspeicher mit 500 Litern.

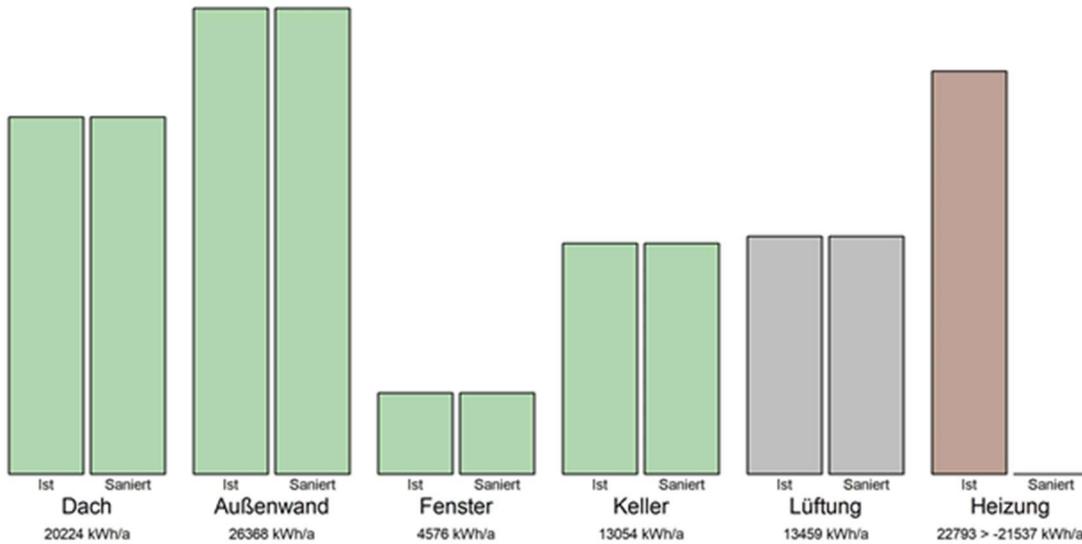
BEG EM – Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

Info	Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz.
Förderquote	25 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 10.250 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 52 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 86.293 kWh/Jahr reduziert sich auf 41.603 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 44.690 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.931 kg CO₂/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 **198 kWh/m²** pro Jahr.

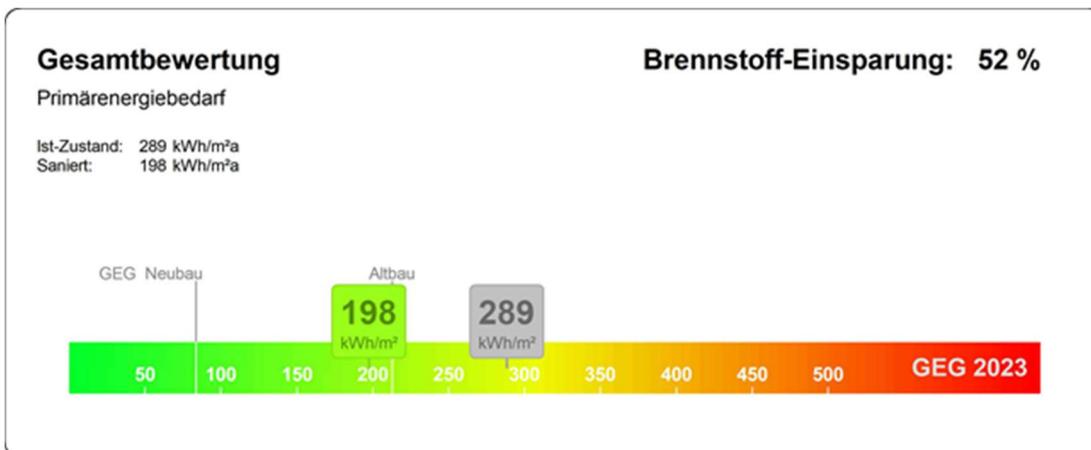


Abbildung 14 Primärenergiebedarf, SV5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	41.000 EUR
Mögliche Fördermittel	10.250 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	41.000 EUR

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 20,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
Kapitalkosten	2.756	55.120
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	17.544	350.880
Summe	20.300	406.000
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	18.151	363.020
Einsparung	-	-
Amortisationszeit	-	-