



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

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

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

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

Greven, den 19.11.2021

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	3
TABELLENVERZEICHNIS .....	3
Einleitung.....	5
Zusammenfassung.....	7
ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG .....	7
GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ.....	8
INVESTITIONSKOSTEN .....	9
FAHRPLAN DER SANIERUNGSVARIANTEN .....	10
Ausgangssituation.....	11
BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES .....	11
FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021). .....	14
WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE.....	15
Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung.....	16
ANLAGENTECHNIK .....	17
Heizungsanlage .....	17
Warmwasserbereitung.....	17
Beleuchtung .....	17
Lüftungstechnik.....	17
TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	18
Energieverbräuche der Liegenschaft .....	18
3.1.1 Verbrauchskennwerte.....	20
3.1.2 Energiekosten .....	21
3.1.3 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	22
3.2 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	23
2 4. Sanierungsvarianten .....	24
1.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	24
1.2 SV 1: PV-ANLAGE .....	25
1.3 SV 2: WÄRMEPUMPE + PV .....	27
1.4 SV 3: DÄMMUNG OGD UND FLACHDACHSANIERUNG.....	30
3.1 SV 4: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH .....	33
3.2 MK 1: MASSNAHMENKOMBINATION SV1 BIS SV4 .....	36
3 Fazit .....	40

4	Anhang .....	41
	A.1 GLOSSAR .....	41

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Endenergiebedarf $Q_E$ [kWh/a] .....	7
Abbildung 2	Brennstoffkosten [€/a] .....	7
Abbildung 3	Primärenergiebedarf $Q_P$ [kWh/a] .....	8
Abbildung 4	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/a] .....	8
Abbildung 5	Investitionskosten [€] .....	9
Abbildung 6	Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), ( <a href="https://danord.gdi-sh.de">https://danord.gdi-sh.de</a> ), abgerufen am 18.11.2021 .....	11
Abbildung 7	3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes mit konditionierten Flächen .....	11
Abbildung 8:	Zuordnung der Räumlichkeiten nach beheizten und unbeheizten Flächen.....	12
Abbildung 9	Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft .....	19
Abbildung 10	Energieverbrauchskennwerte .....	21
Abbildung 11	Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger .....	22
Abbildung 12	Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3 .....	31
Abbildung 13	Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	31
Abbildung 14	Primärenergie.....	42

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung .....	10
Tabelle 2	Allgemeine Daten.....	13
Tabelle 3	Gebäudekennwerte .....	16
Tabelle 4	Fortsetzung Gebäudekennwerte .....	16
Tabelle 5	Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart .....	19
Tabelle 6	Energieverbrauchskennwerte.....	20
Tabelle 7	Bezugskosten nach Energieträger .....	21
Tabelle 12	Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2 .....	29
Tabelle 13	Einsparpotenzial, SV 2 .....	29
Tabelle 10	Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3 .....	32
Tabelle 11	Einsparpotenzial, SV 3 .....	32
Tabelle 8	Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4.....	35

Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV 4.....	35
Tabelle 14 Einsparpotenzial, MK 1.....	39

## EINLEITUNG

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

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

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

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

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

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

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es emp-

---

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

fehlerhaft, bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Zudem sollten die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig mit der Vergabestelle abgestimmt werden.

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

---

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

## ZUSAMMENFASSUNG

### ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

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

#### Endenergiebedarf

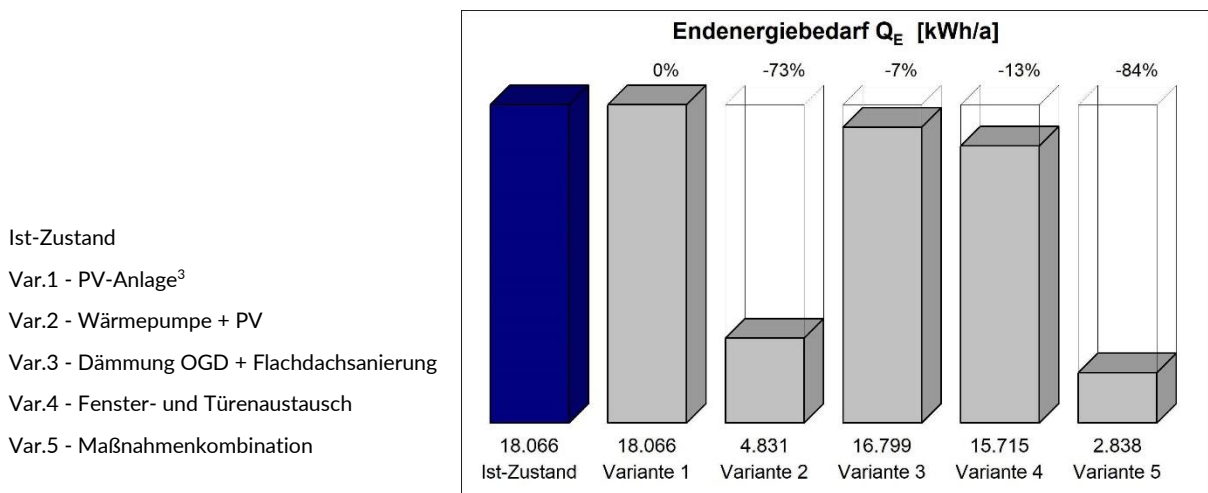


Abbildung 1 Endenergiebedarf  $Q_E$  [kWh/a]

#### Brennstoff- und Betriebskosten

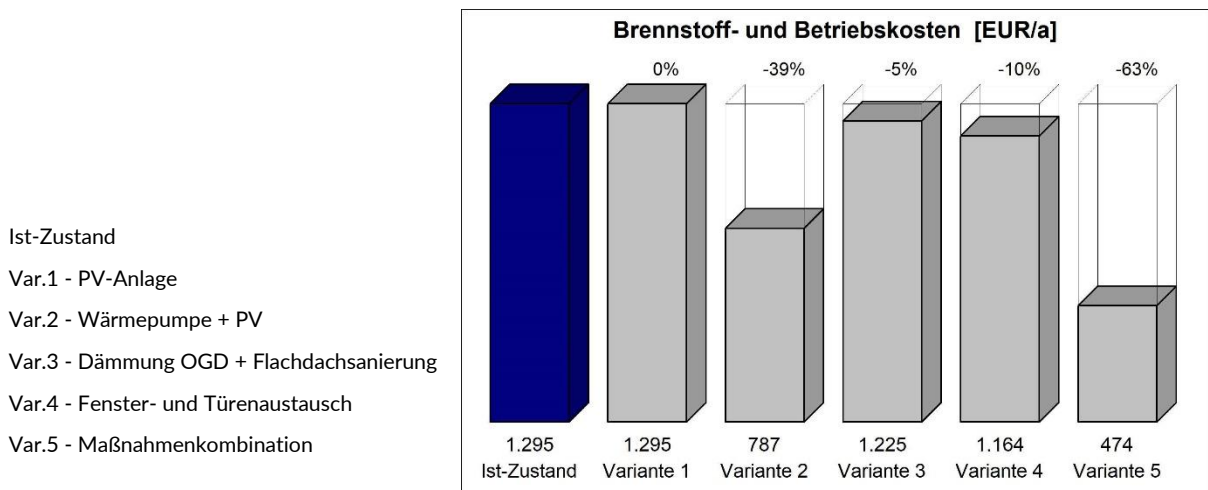


Abbildung 2 Brennstoffkosten [€/a]

<sup>3</sup> Energie- und Kosteneinsparungen der PV-Anlage wurden mittels einer 3D Simulation durchgeführt. Die hier abgebildeten Einsparungen entsprechen nicht der, der Variante. Die realen Einsparungen sind der Variantenbeschreibung zu entnehmen.

## GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

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

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

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

### Primärenergiebedarf

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

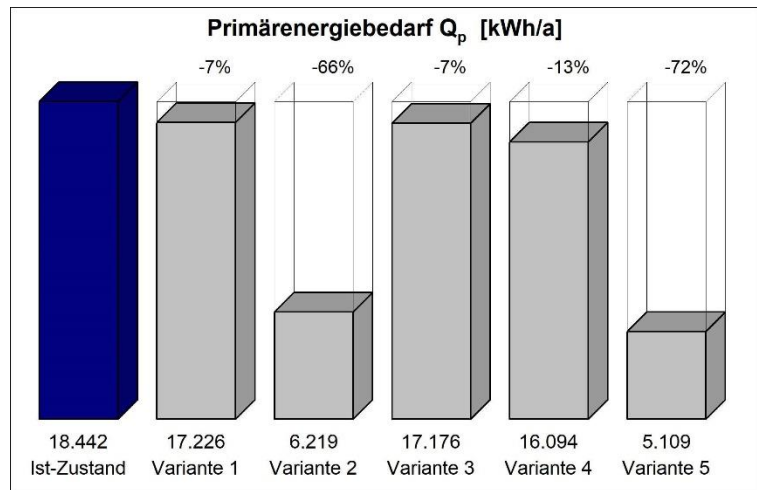


Abbildung 3 Primärenergiebedarf QP [kWh/a]

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

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

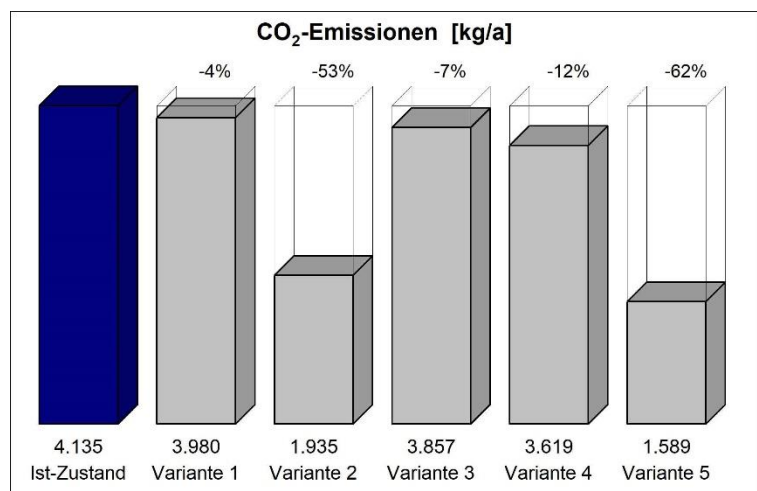


Abbildung 4 CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/a]

## INVESTITIONSKOSTEN

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

### Gesamtinvestitionskosten

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

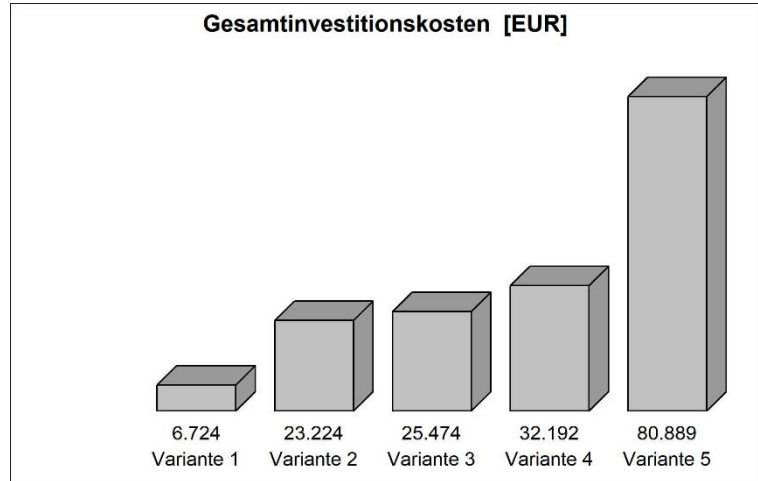


Abbildung 5 Investitionskosten [€]

## FAHRPLAN DER SANIERUNGSVARIANTEN

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

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung

Reihenfolge der Sanierungsvarianten	CO <sub>2</sub> -Einsparung [kg/a]	Investitionsausgaben (brutto) inkl. 20 % NK [€]	Zuschüsse aus Förderprogrammen (Stand: August 2021) [€]	Amortisationszeit [Jahre]
Schritt 1: PV	1.198	6.724		11
Schritt 2: Wärmepumpe + PV	1.002	23.224	5.783 € - 35 % BAFA - BEG EM - Heizen mit erneuerbaren Energien	27
Schritt 3: Dämmung OGD + Flachdachsanierung	278	25.474	5.095 € - 20 % BAFA - BEG EM	
Schritt 4: Fenster- und Türentausch	516	32.192	6.438 € - 20 % BAFA - BEG EM	
<b>Summe</b>	<b>2.994</b>	<b>80.889</b>	<b>17.317 €</b> mit 21,4% 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. In diesem Energieberatungsbericht werden die Förderungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht berücksichtigt, da der Fördermittelmarkt sehr dynamisch ist und eine Aktualität nicht garantiert werden kann.

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

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

## AUSGANGSSITUATION

### BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Das Feuerwehrgerätehaus Altenmoor wurde im Jahr 1956 an der Straße Bullendorf 32c in 25335 Altenmoor errichtet (vgl. Abbildung 6). Im Jahr 2001 wurde das Gebäude durch einen Anbau erweitert. Der Altbau ist unbeheizt und wird als Lagerraum genutzt. Der Raum in dem die Heizungsanlage montiert ist, wird lediglich minimal zum Frostschutz erwärmt, der Lageraum zur Straßenseite ist unbeheizt.

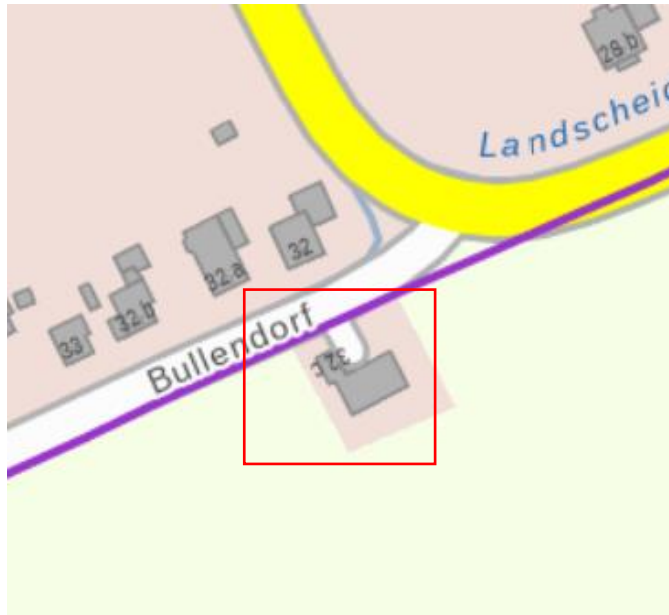


Abbildung 6 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), (<https://danord.gdi-sh.de>), abgerufen am 18.11.2021

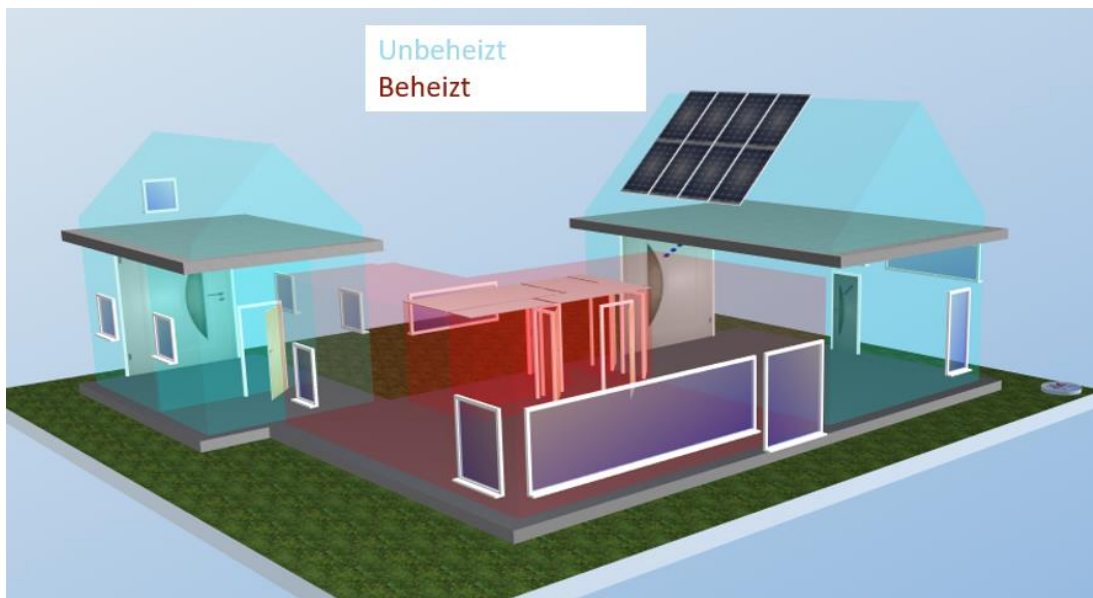


Abbildung 7 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes mit konditionierten Flächen

Der Altbau wurde 1956 in Mauerwerksbauweise mit einem Satteldach errichtet. Das Gebäude ist nicht unterkellert und hat eine Betonpfanneneindichtung. Im Jahre 2001 wurde das Gebäude erweitert. Der Anbau wurde dem Altbau angepasst. (vgl. Abbildung 7).

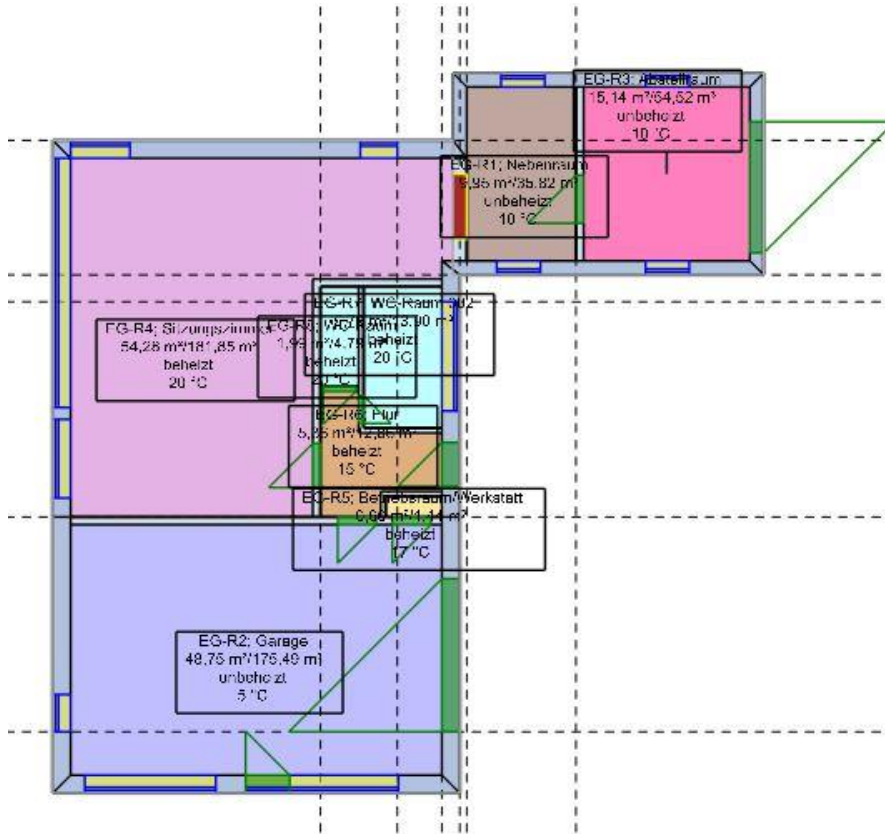


Abbildung 8: Zuordnung der Räumlichkeiten nach beheizten und unbeheizten Flächen

Die Außenwände bestehen aus einem zweischaligen Mauerwerk mit Wärmedämmung. Die Innenschale besteht aus Porenbeton, die Außenschale ist ein Verblendmauerwerk. Tragende Innenwände wurden aus Kalksandstein hergestellt, alle weiteren Wände aus Porenbeton. Das Dach besteht aus einem Satteldach im Bereich des Altbaus und der neuen Fahrzeughalle, über dem Unterrichtsraum wurde ein Pultdach errichtet. Die Satteldächer haben eine rote Betonpfanne erhalten. Ein Foliendach wurde im Bereich des Pultdaches aufgebracht. Dieses ist vorgerichtet für eine extensive Dachbegrünung.

Sämtliche Fenster und Türen des Anbaus sind aus Kunststoff mit Wärmeschutzverglasung. Das ursprüngliche Gebäude verfügt über einfach verglaste Holzfenster. Die Fahrzeughalle hat ein wärme gedämmtes Sektionaltor erhalten.

Die Innenwände wurden verputzt. Im WC-Bereich haben die Wände einen Fliesenbelag erhalten, ansonsten wurden die Wände gestrichen. Der Bodenbelag ist ebenfalls mit einem Fliesenbelag versehen. Das Gebäude wurde mit den vorgeschriebenen Sanitäreinrichtungen ausgestattet.

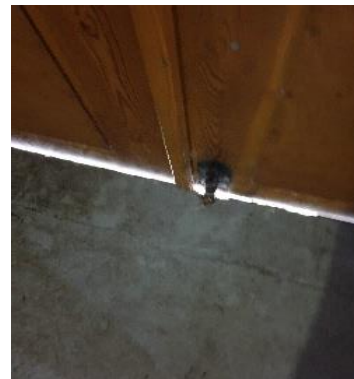
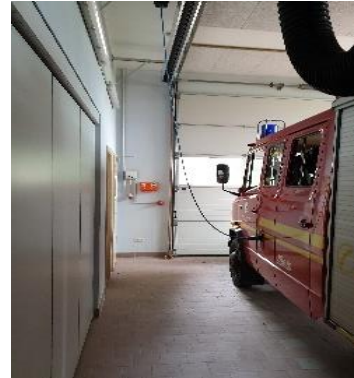
Die Beheizung erfolgt über eine Erdgas-Zentralheizung (NT-Gebläse-Kessel). Am Gebäude sind sechs Stellplätze vorhanden. Die Verkehrsflächen sind mit Verbundpflaster gepflastert.

Tabelle 2 Allgemeine Daten

<b>Name/Bezeichnung</b>	<b>Feuerwehr Altenmoor</b>
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude
Straße, Hausnr.	Bullendorf 32c
PLZ, Ort	25335 Altenmoor
Baujahr	1956, 2001
Beheiztes Gebäudevolumen V	682 m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche A <sub>EBF</sub>	216 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche	357 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschosshöhe	ca. 3,50 m

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

FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021).



## WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

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

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

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>4</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

---

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

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

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten U-Werten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) mit angegeben<sup>5</sup>. Die grün markierten Zeilen erfüllen bereits die Anforderungen des aktuellen GEG. Die rot markierten Zeilen entsprechen nicht den aktuellen Anforderungen der GEG.

Tabelle 3 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	Ist-Zustand	GEG <sup>6</sup>	BEG-Förderung <sup>7</sup>
<b>Bodenplatte Altbau</b>	1,00	0,30	0,25
<b>Bodenplatte Anbau</b>	0,60	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Decken nach unten gegen Erdreich</i>			
<b>Außenwand</b>	1,00	0,24	0,20
<b>Außenwand Anbau</b>	0,30	0,24	0,20
<b>Außenwand Wellblechfassade</b>	0,35	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			

Tabelle 4 Fortsetzung Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	Ist-Zustand	GEG	BEG-Förderung
<b>Dach Altbau</b>	0,80	0,20	0,14
<b>Dach Anbau</b>	0,30	0,20	0,14
<b>Oberste Geschossdecke</b>	0,30	0,20	0,14
<i>Bauteilgruppe: Dachflächen</i>			
<b>Fenster Altbau</b>	5,00	1,30	0,95
<b>Fenster Anbau</b>	1,90	1,30	0,95
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
<b>Außentür Altbau</b>	5,00	1,80	1,30
<b>Außentür Anbau</b>	3,50	1,80	1,30
<i>Bauteilgruppe: Außentüren</i>			

<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)

<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 BEG-Effizienzhäusern. Die Anforderungen Stand Juli 2021 können jederzeit aktualisiert werden.

## ANLAGENTECHNIK

### Heizungsanlage

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

Erzeugung	NT-Gebläse-Kessel Baujahr 2000 Energieträger: Erdgas
Verteilung	Verteilung 1 kein hydraulischer Abgleich Leitungen gedämmt (0,400 W/mK) Umwälzpumpe leistungsgeregt
Übergabe	Übergabe an Zone ‚Sonstige Aufenthaltsräume‘ mit 80 % Übergabekomponente: ‚Heizkörper (freie Heizflächen)‘ Übergabe an Zone „Sonstige Aufenthaltsräume“ mit 20 % Übergabekomponente „Flächenheizung“ Regelung: ‚P-Regler‘

### Warmwasserbereitung

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

### Beleuchtung

Im betrachteten Feuerwehrgebäude 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 in der Garage und im Aufenthaltsraum als auch auf den Fluren wieder. Zum Teil wurde die Beleuchtung auf LED-Leuchten umgestellt

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.

### Lüftungstechnik

Eine Lüftung findet zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen. Aber

auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

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

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

## TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

### Energieverbräuche der Liegenschaft

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

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

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

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

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

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

Tabelle 5 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

Jahr	2018	2019	2020	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	10.105	13.464	9.872	<b>11.147</b>
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,11	1,10	1,12	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	11.217	14.810	11.057	<b>12.361</b>
Strom [kWh/a]	3.847	2.734	3.031	<b>3.204</b>
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	15.064	17.544	14.088	<b>15.565</b>
Wasser [m³/a]	22	17	8	<b>16</b>

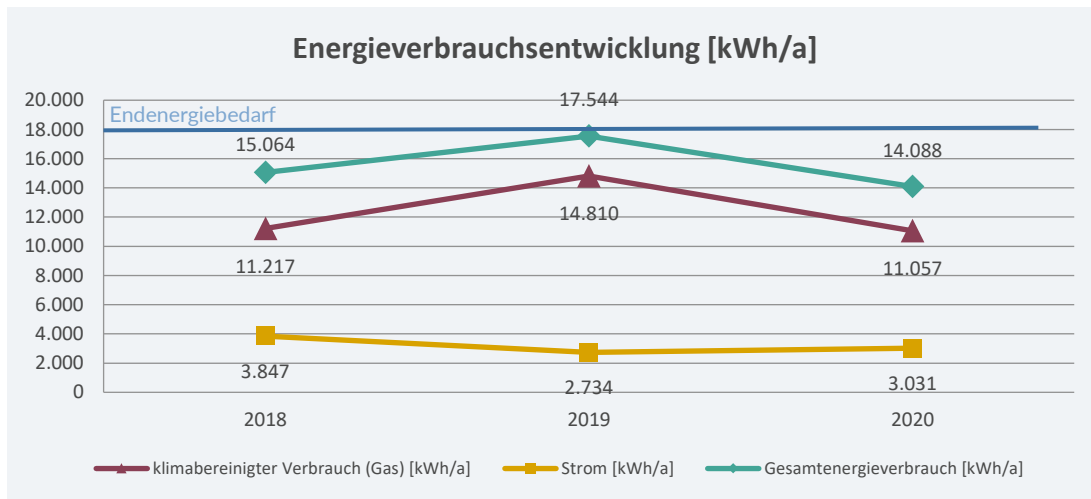


Abbildung 9 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

## 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 letzten drei Jahre (2018, 2019, 2020) gebildet und durch die Netto-Grundfläche von 216 m<sup>2</sup> dividiert. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>8</sup>

Tabelle 6 Energieverbrauchskennwerte

Feuerwehren		Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert	
Strom		5	15	19
Wärme		58	57	124
Wasser		34	73	230

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

<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)

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

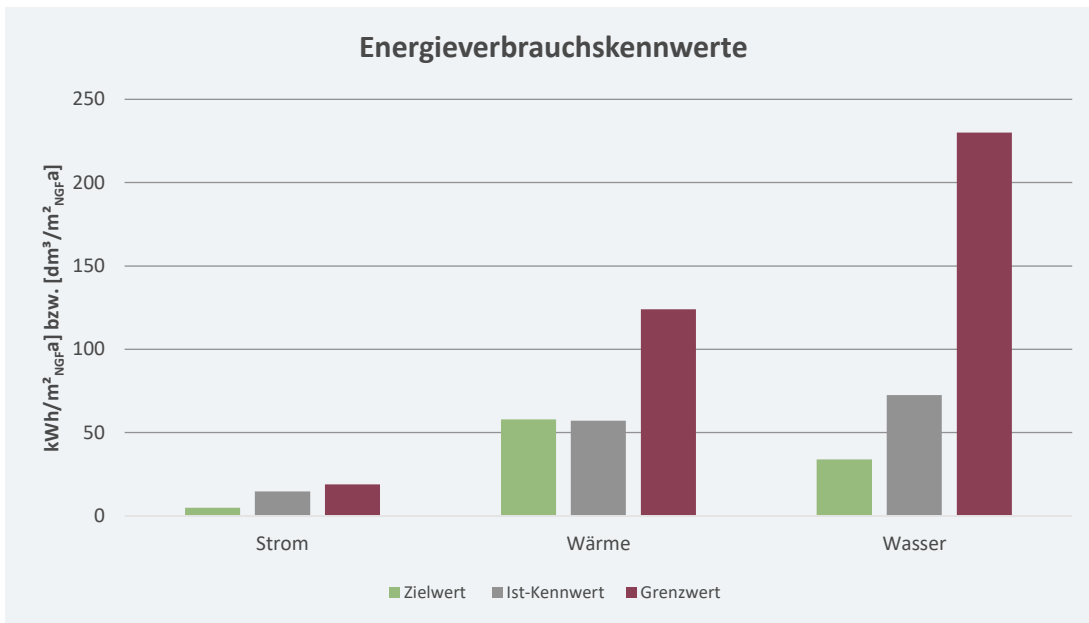


Abbildung 10 Energieverbrauchskennwerte

Das Gebäude befindet sich derzeit bereits in einem recht guten Zustand. Lediglich die Anlagentechnik sollte erneuert werden. Die Gebäudehülle entspricht zwar nicht mehr den heutigen Mindestanforderungen, dennoch wäre eine Sanierung derzeit noch unwirtschaftlich.

### Energiekosten

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

Tabelle 7 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Preis [€/kWh]	CO <sub>2</sub> [g/kWh]
Erdgas (inkl. CO <sub>2</sub> -Steuer)	0,06*	240
Strom-Mix	0,26	560
Strom-Mix (Sondertarif für Wärmepumpe - Annahme)	0,15	560

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

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

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

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

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

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

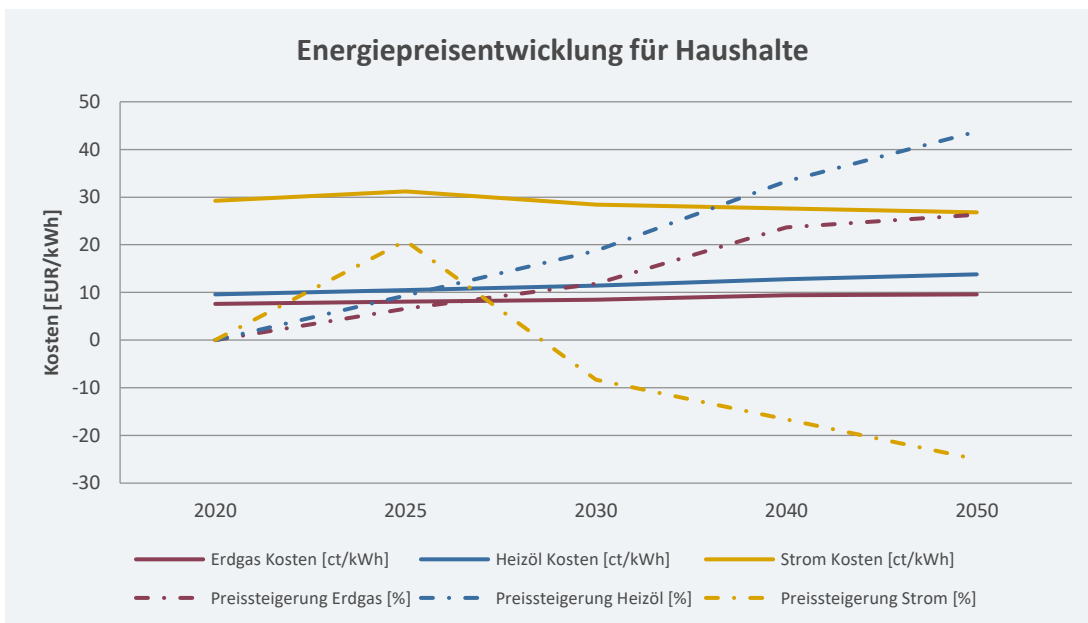


Abbildung 11 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger  
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

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 %

## PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

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

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

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

## SANIERUNGSVARIANTEN

### ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

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

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

#### **Empfohlene Sanierungsvarianten:**

Var.1 - SV 1: PV-Anlage

Var.2 - SV 2: Wärmepumpe + PV

Var.3 - SV 3: Dämmung OGD + Flachdachsanierung

Var 4 – SV4: Fenster- und Türenaustausch

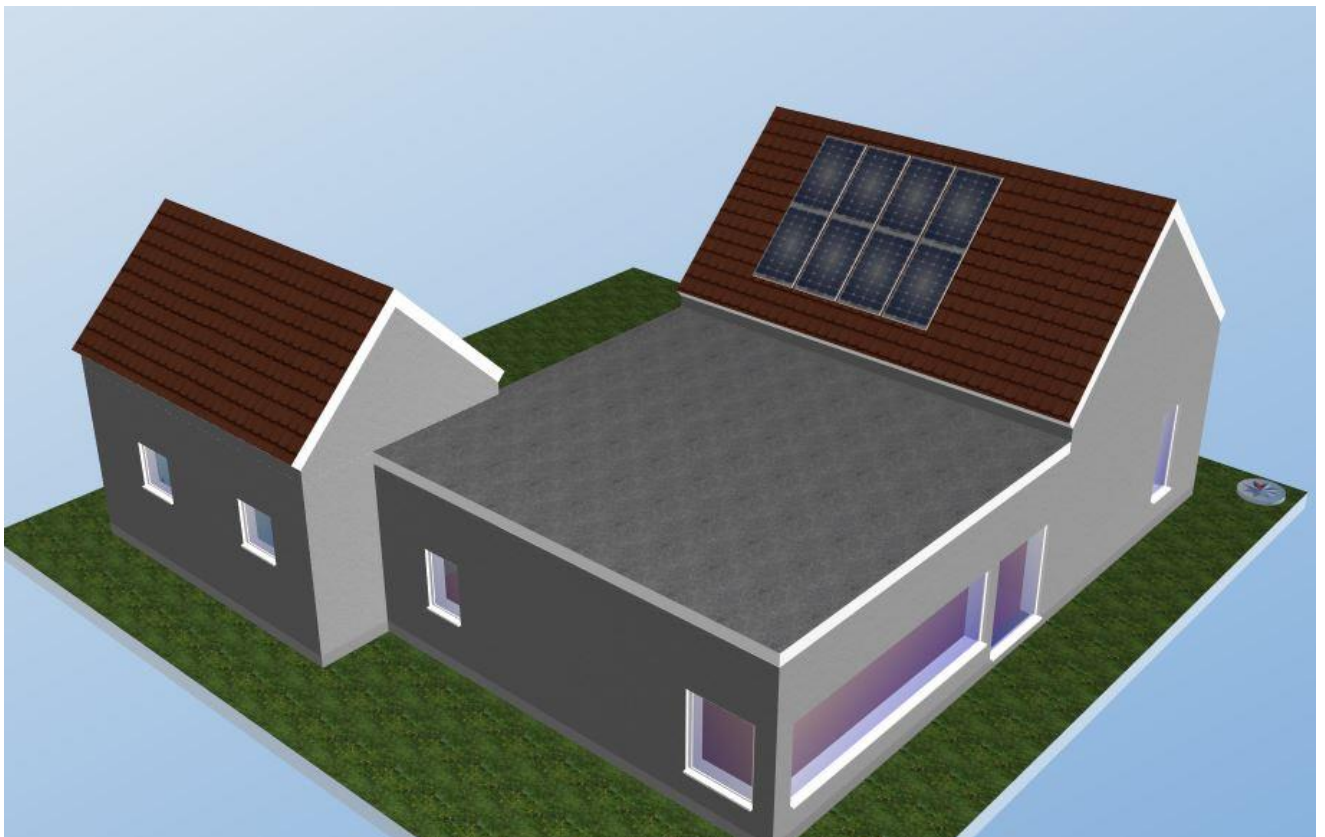
Var.5 – MK 1: Maßnahmenkombination 1

## SV 1: PV-ANLAGE

Der Stromverbrauch der Feuerwehr Altenmoor lag in den vergangenen drei Jahren im Mittel bei ca. 3.204 kWh jährlich. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden.

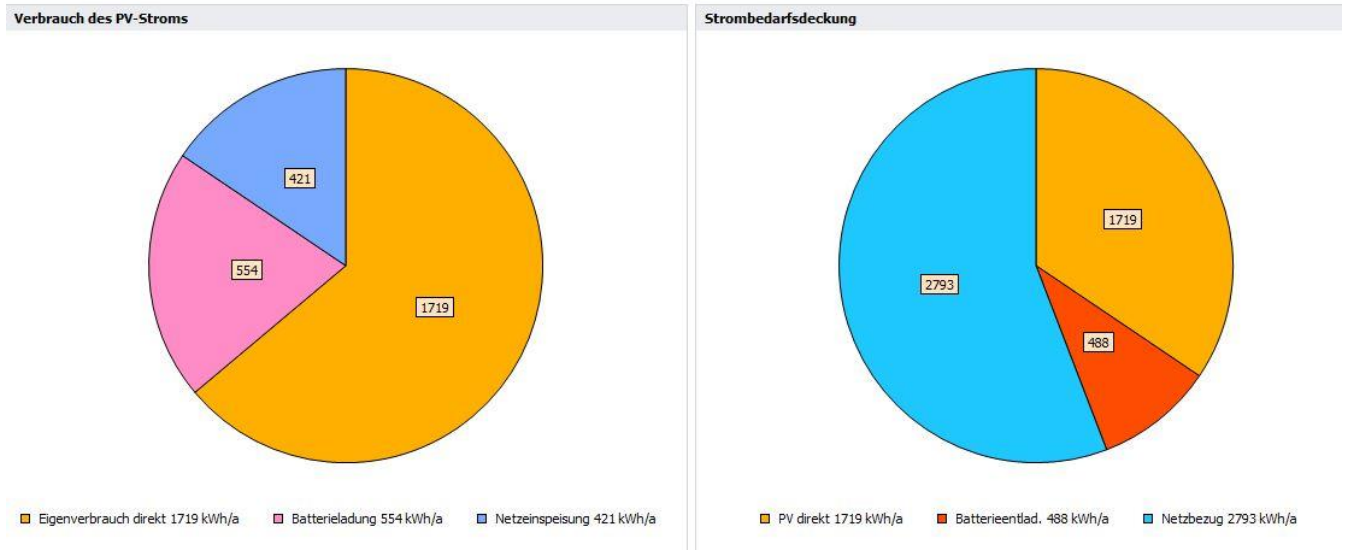
Für eine PV-Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde im Rahmen der Gebäudesimulation das Feuerwehrgerätehaus auf das PV-Dachflächenpotenzial untersucht. Aufgrund des Stromverbrauchs und der möglichen Kombination mit einer Wärmepumpe wurde eine PV-Anlage mit einer Generatorgröße von ca. 2,84 kWp mit einem Batteriespeicher in einer Größe von 3,6 kWh simuliert. Die PV-Module werden mit einer Süd-West-Ausrichtung auf dem Dach der Feuerwehr angebracht. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung konnte in der Simulation für den Standort ein Eigenstromanteil von ca. 81,9 % berechnet werden. 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.



Dimensionierung	Jahresergebnisse	Eigenverbrauch	Solarstromspeicherung
Bruttofläche: 14,32 m <sup>2</sup>	Jahresertrag: 2694 kWh	Eigenverbrauchsanteil: 81,9 %	Nennkapazität Batterie: 3,6 kWh
Nennleistung: 2,84 kWp	Spezifischer Ertrag: 948,7 kWh/kWp/a	Selbstversorgungsanteil: 44,1 %	Nutzkapazität Batterie: 3,2 kWh
	Performance Ratio: 86,9 %		Zyklanzahl Batterie: 155 /a

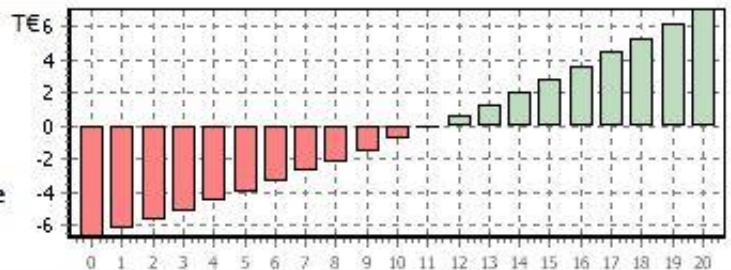
Übersicht Diagramme Tabelle



### Amortisation

Investitionssumme 6724,00 €

Amortisationszeit 11,19 Jahre



### Gewinnberechnung (nach Annuitäten-, Kapitalwert- und Endwertmethode)

	Annuitäten [€/Jahr]	Kapitalwerte [€]	Endwerte [€]
Verbrauch/Energie	824,61	16.492,14	16.492,14
+ Vergütungen	29,45	588,98	588,98
+ Sonstige Ausgaben			
+ Sonstige Einnahmen			
+ Zuschüsse			
+ Mieten			
- Kapitalkosten	336,20	6.724,00	6.724,00
- Betrieb/Wartung	163,65	3.272,91	3.272,91
<b>= Gewinn</b>	<b>354,21</b>	<b>7.084,21</b>	<b>7.084,21</b>

### Rendite

Interner Zinssatz 7,2% p.a.

## SV 2: WÄRMEPUMPE + PV

Der vorhandene NT-Gebläse-Kessel aus den frühen 2000er Jahren wird gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgetauscht werden. Nach der Implementierung des neuen Wärmeerzeugers wird die Heizlast der Feuerwehr entsprechend der DIN EN 12831 ermittelt. Entsprechend der errechneten Werte wird dann ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Hierfür ist es evtl. erforderlich, alte 2K-Heizkörperventile gegen neue 1K-Ventile auszutauschen. Evtl. werden noch zusätzliche Strangregulierventile eingebaut. Mittels der Heizkörper- und Strangregulierventile werden die ermittelten Volumenströme einreguliert.

Diese Maßnahme umfasst folgende Leistungen:

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

---

### **BEG EM - Heizungsanlagen**

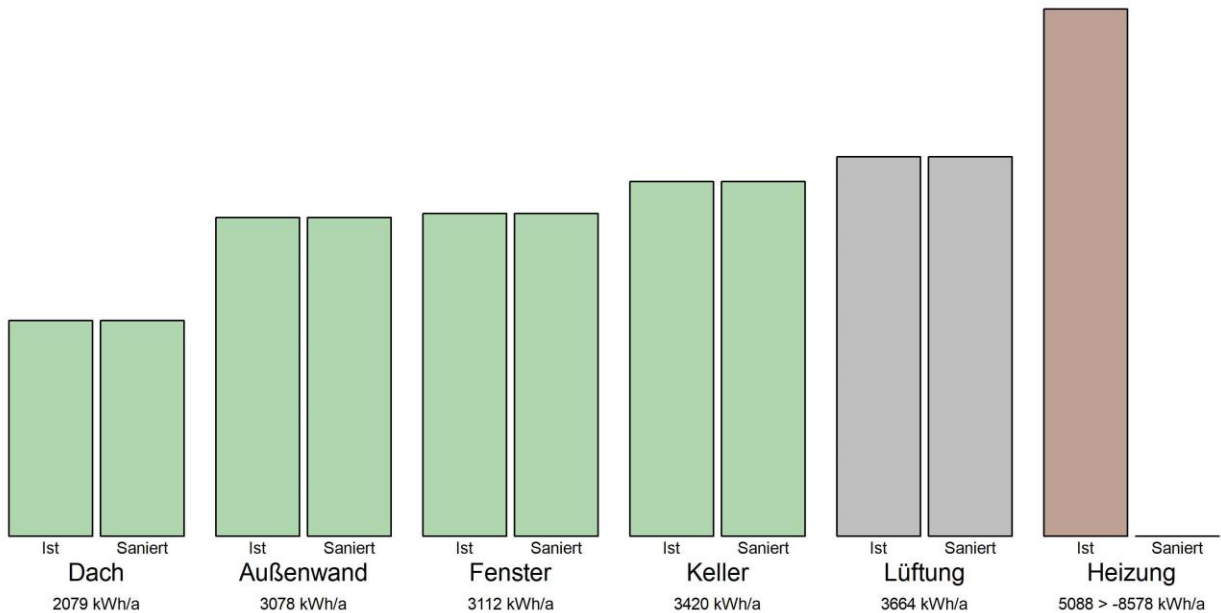
<b>Info</b>	<i>Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, das regenerative Energien für die Wärmeerzeugung zu mindestens 25 % einbindet.</i>
<b>Förderquote</b>	<b>Wärmepumpen 35%</b>
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderkreditbeitrag</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m <sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **5.783 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 2 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 73 %.

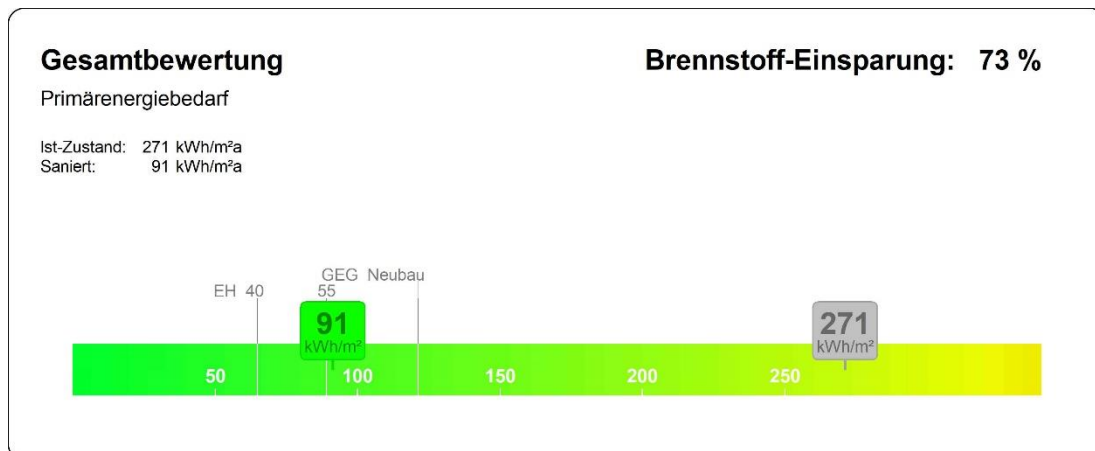
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 18066 kWh/Jahr reduziert sich auf 4831 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 13235 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2200 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 91 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	23.224 EUR
Mögliche Fördermittel	5.783 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>23.224 EUR</b>

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

Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	967	29.010
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	1.062	31.860
Summe	2.029	60.870
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.221	66.630
<b>Einsparung</b>	<b>192</b>	<b>5.760</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 27 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.295	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	787	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	2,00	%
Interner Zinsfuß	2,55	%

### SV 3: DÄMMUNG OGD UND FLACHDACHSANIERUNG

Das Dach wird entsprechend der Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) gedämmt. Hierfür müsste eine Zwischen- und Untersparrendämmung mit einer Stärke von 8 cm mit einem Lambda-Wert von 0,040 W/mK im Bereich des Anbaus eingebaut werden, um den Mindestanforderungen nach GEG zu entsprechen.

Auch hier ist der Altbau bei einer Dachsanierung energetisch irrelevant, da es sich ebenfalls um unbeheizte Räumlichkeiten handelt.

Sofern Fördermittel durch die BEG beantragt werden, ist bei einer Dachsanierung ein U-Wert von 0,14 W/m<sup>2</sup>K einzuhalten. Dies könnte beispielsweise durch die Wahl eines Dämmstoffes mit einem Lambda-Wert von 0,032 W/mK in Verbindung mit einer Dämmstoffdicke von 12 cm im Bereich des Anbaus erzielt werden.

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

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 5.095 € gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 3 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 7 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

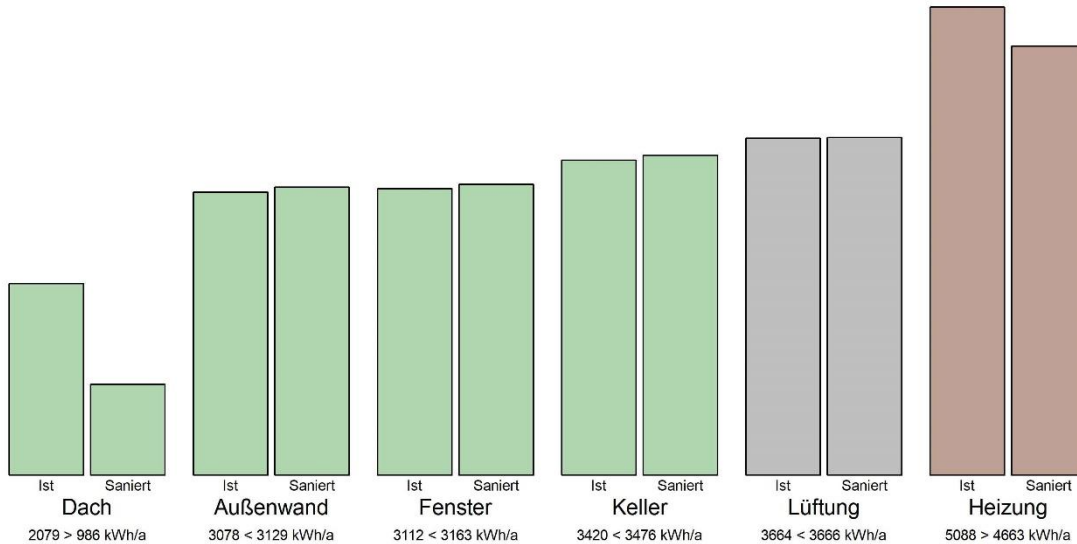


Abbildung 12 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 18066 kWh/Jahr reduziert sich auf 16799 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1267 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 278 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen. Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 252 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

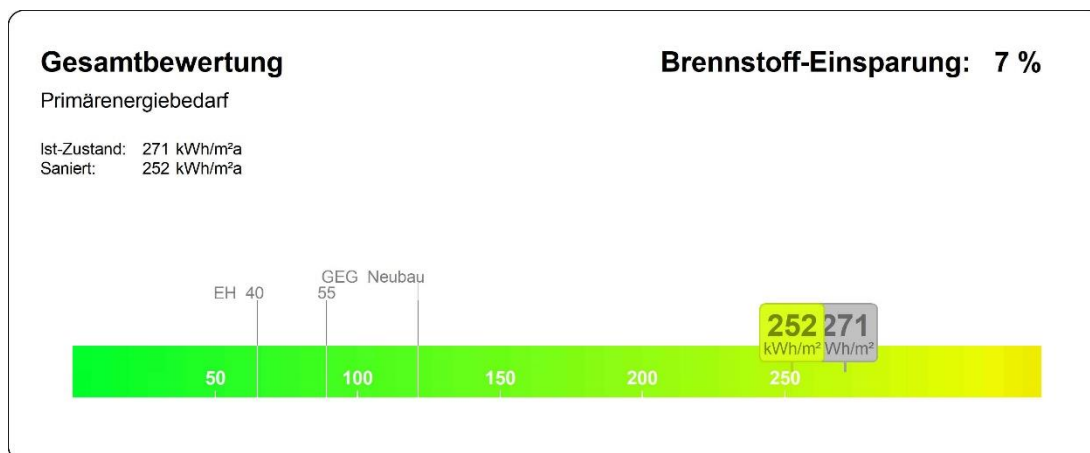


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	25.474 EUR
Mögliche Fördermittel	5.095 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>25.474 EUR</b>

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

Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV 3

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	1.061	31.830
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	2.099	62.970
Summe	3.160	94.800
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.221	66.630
<b>Einsparung</b>	<b>-939</b>	<b>-28.170</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.295	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.225	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	-	%

## SV 4: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

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

Fenster im Altbau sind in dieser Berechnung energetisch nicht relevant, da es sich hier um unbeheizte Bereiche handelt.

Zudem sollten die Außentüren im Anbau sowie Garagentore ausgewechselt werden. Der U-Wert der neuen Elemente sollte  $1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  betragen.

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

### BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

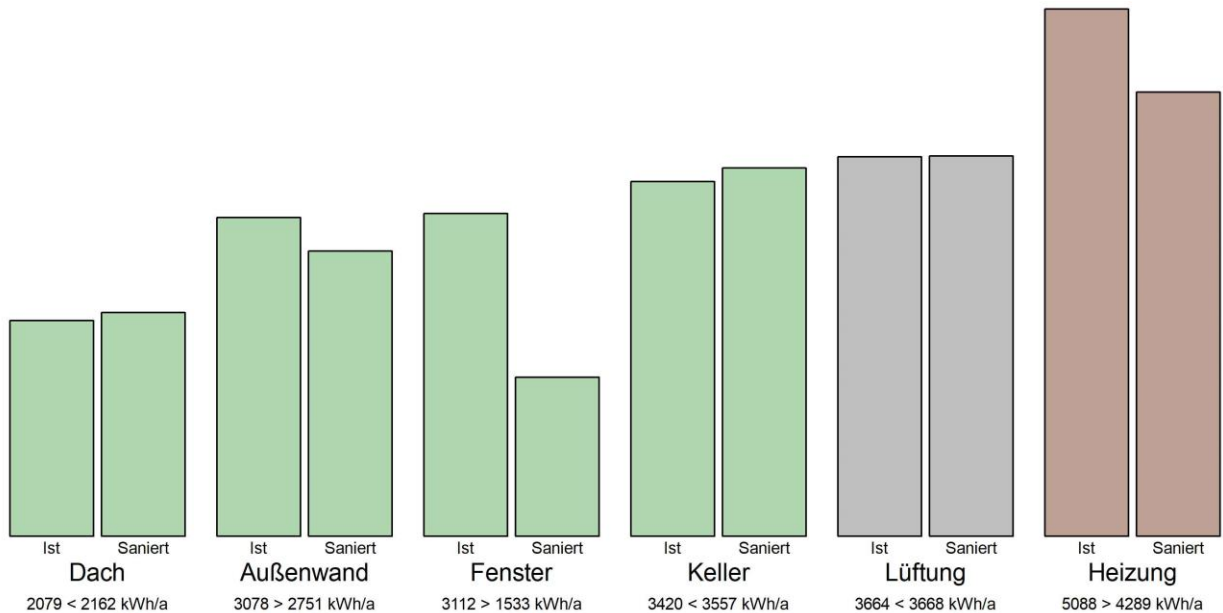
<b>Info</b>	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
<b>Förderquote</b>	20 %
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderkreditbeitrag</b>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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **6.438 €** gewährt werden!

**Energieeinsparung - Variante 4 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 13 %.

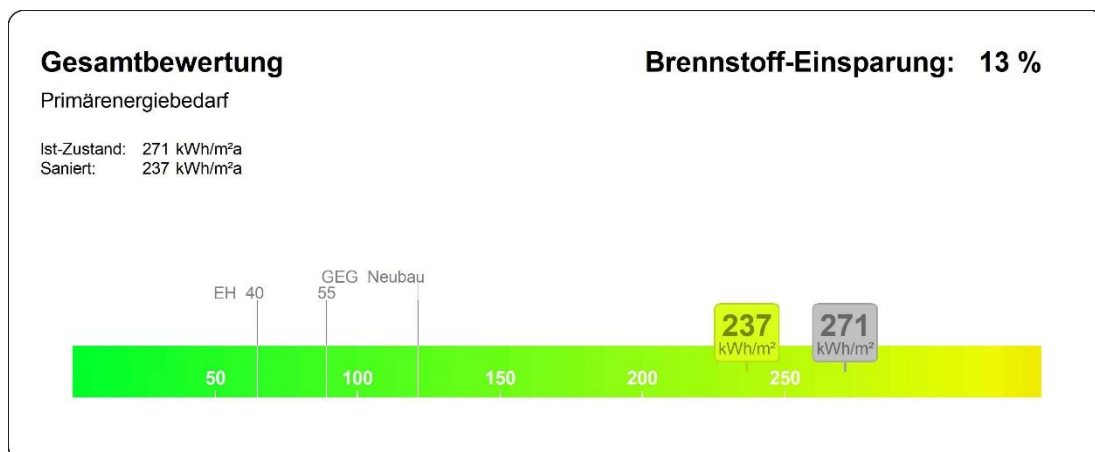
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



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

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

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



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	32.192 EUR
Mögliche Fördermittel	6.438 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>32.192 EUR</b>

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

Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.340	40.200
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	1.996	59.880
Summe	3.336	100.080
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.221	66.630
<b>Einsparung</b>	<b>-1.115</b>	<b>-33.450</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.295	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.164	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	-	%

**MK 1: MASSNAHMENKOMBINATION SV1 BIS SV4**

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - SV 1: PV-Anlage

Var.2 - SV 2: Wärmepumpe + PV

Var.3 - SV 3: Dämmung OGD + Flachdachsanierung

Var 4 – SV4: Fenster- und Türenaustausch

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 72 % und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 62 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

**IKK – Energieeffizient Bauen und Sanieren (Sanierung) (KfW Nr. 218)**

**Info** Förderung von Neubau und Sanierung von Nichtwohngebäuden. Energieeffizientes Bauen und Sanieren von Nichtwohngebäuden inkl. Denkmäler.

Förderanteil	Maßnahme (Sanierung)	Tilgungszuschuss (%)	max. Tilgungszuschuss
	KfW-Effizienzgebäude 70EE	40 %	40% von 2000 €/m <sup>2</sup>

**Fördersumme** Kredithöhe i. d. R. max. 25 Mio. € der förderfähigen Kosten.

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **32.356 €** gewährt werden!

Mit der gemeinsamen Durchführung der Maßnahmen kann ein KfW 70 EE Standard erreicht werden.

## GEG- und BEG-Anforderungen

### Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Nutzung	Nichtwohngebäude
Beheiztes Gebäudevolumen $V_{b,w}$	268,5 m <sup>3</sup>
Hüllfläche A	285,0 m <sup>2</sup>
Nettogrundfläche $A_{NRF}$	68,0 m <sup>2</sup>
Fensterfläche	18,6 m <sup>2</sup>
Außentürfläche	6,2 m <sup>2</sup>
Bauart des Gebäudes	nicht leichte Bauart
Gebäudetyp	freistehend

### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis	Anforderungen NWG								
	Einheit	Ist-Wert	GEG		BEG-Effizienzhaus				
			Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	75,1	226,5	161,8	64,7	89,0	113,3	161,8	258,9
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	0,56		0,18	0,22	0,26	0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,90	2,66		1,00	1,20	1,40	1,80	

### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Wärmepumpen	6958	67,0

Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 55 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 67,0%

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Ausgangszustand

	Einheit	Unsanziert	Saniert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	18066	2838	15227	84
Primärenergiebedarf	kWh/a	18442	5109	13333	72
Treibhausgasemissionen	kg/a	4135	1589	2546	62

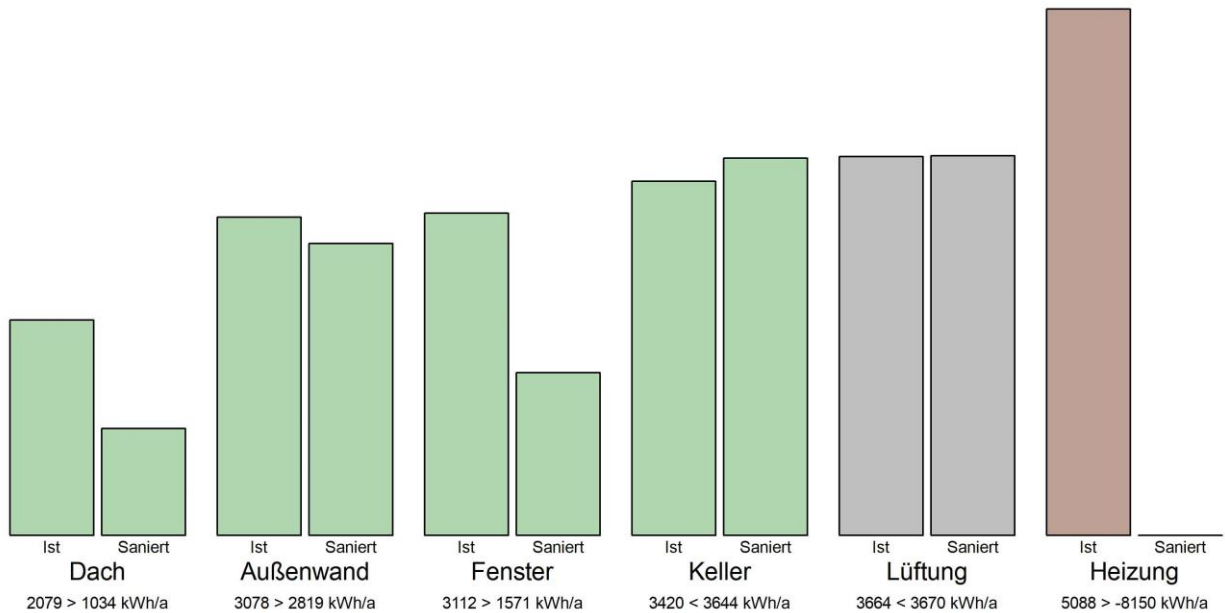
### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Neubaulniveau

	Einheit	Neubau-Anforderungswert	Ist-Wert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	7089	2838	4251	60
Primärenergiebedarf	kWh/a	8255	5109	3147	38
Treibhausgasemissionen	kg/a	1910	1589	321	17

### Energieeinsparung – Maßnahmenkombination 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 84 %.

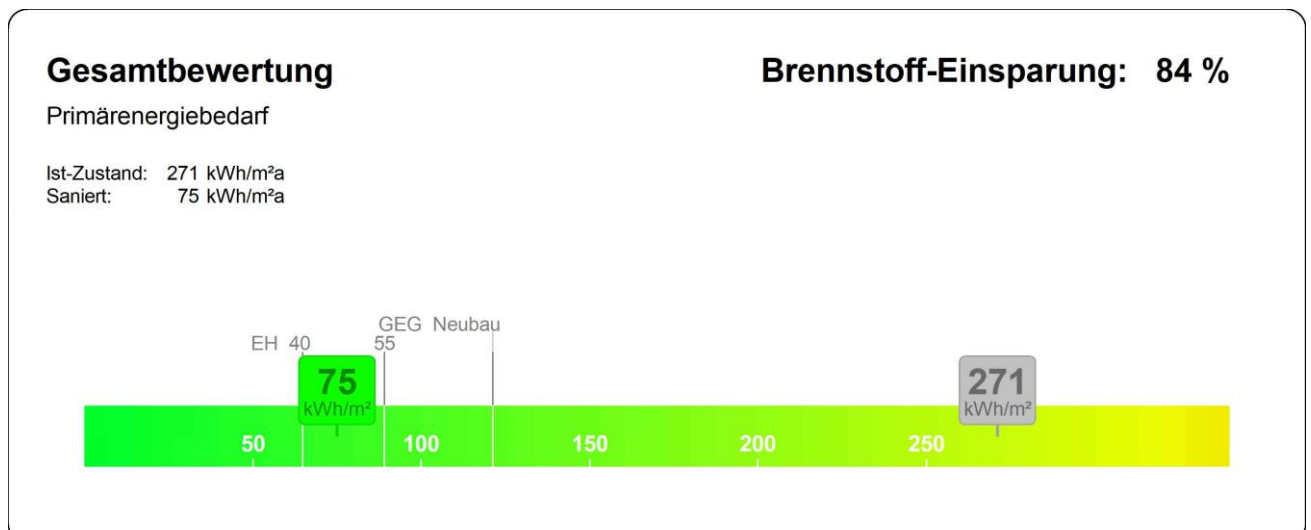
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 18066 kWh/Jahr reduziert sich auf 2838 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 15227 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2546 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 75 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Maßnahmenkombination 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **80.889 €**.

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

Tabelle 14 Einsparpotenzial, MK 1

	<b>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</b>	<b>Gesamtkosten [EUR]</b>
Kapitalkosten	3.368	101.040
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	640	19.200
Summe	4.008	120.240
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.221	66.630
<b>Einsparung</b>	<b>-1.787</b>	<b>-53.610</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.295	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	474	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	1,50	%
Interner Zinsfuß	-	%

## FAZIT

Die Feuerwehr Altenmoor befindet sich in einem energetisch guten Zustand. Dennoch gibt es an einigen Stellen verbesserungspotential.

Um die Betriebskosten zu minimieren, empfiehlt es sich kurzfristig eine Photovoltaik Dachanlage inkl. Batteriespeicher zu installieren. Zudem sollte kurz- bis mittelfristig die Anlagentechnik ausgetauscht werden. Für eine zukunftssichere Energieversorgung bietet sich hier eine Wärmepumpe in Kombination mit der Photovoltaik Anlage an.

Sollten alle Maßnahmen in einem Zug umgesetzt werden, erreicht das Gebäude den Energiestandard Effizienzhaus 70 mit Einhaltung der erneuerbaren Energien Klasse. Hier können bis zu 40 % der Kosten der Sanierung gefördert werden.

## ANHANG

### A.1 GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

#### **Energiebedarf**

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

#### **Jahres-Primärenergiebedarf**

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

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

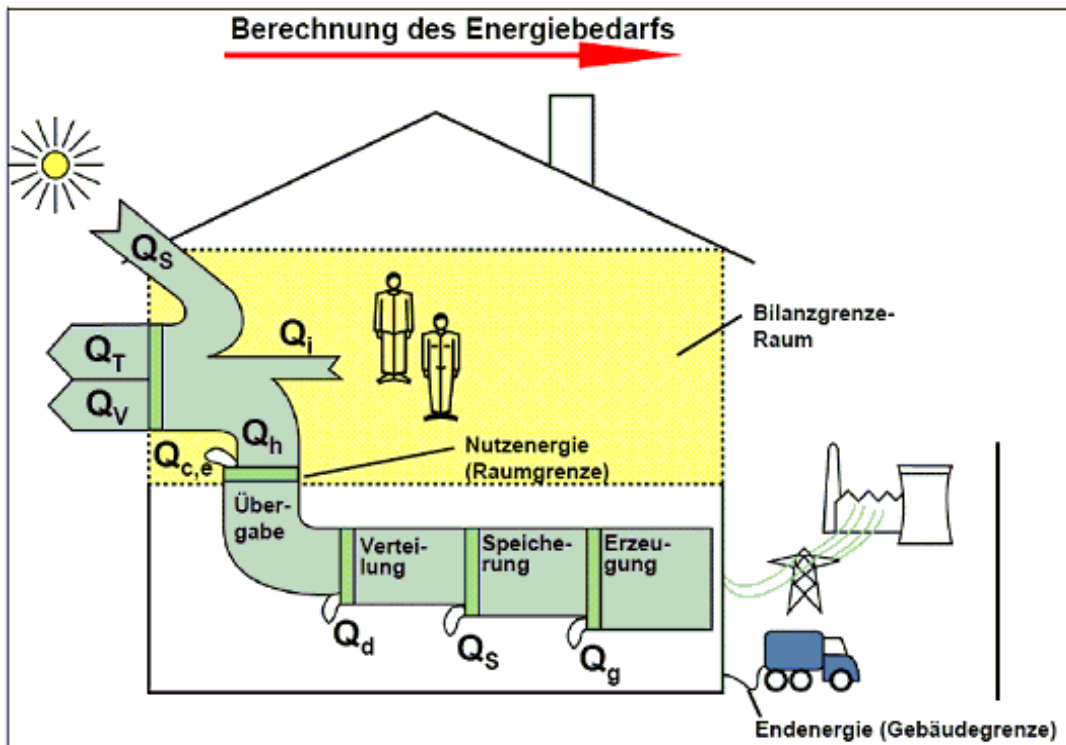


Abbildung 14 Primärenergie

### Endenergiebedarf

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

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

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

### Nutzenergie

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

### Transmissionswärmeverluste $Q_T$

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

### **Lüftungswärmeverluste $Q_v$**

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

### **Trinkwassererwärmung**

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

### **U-Wert (früher k-Wert)**

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

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

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

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

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

### **Anlagenverluste**

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

### **Wärmebrücken**

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

### **Gebäudevolumen $V_e$**

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

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

### **Wärmeübertragende Umfassungsfläche A**

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

### **Kompaktheit A/V**

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

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

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