



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

**FÜR DIE
„FEUERWEHR BORSFLETH“
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 30.11.2021

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
TABELLENVERZEICHNIS	3
1 Einleitung	4
2 Zusammenfassung	6
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG	6
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	7
3 Ausgangssituation	9
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES	9
3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021) ..	11
3.3 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	12
3.3.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung.....	12
3.4 ANLAGENTECHNIK.....	13
3.4.1 Heizungsanlage.....	13
3.4.2 Warmwasserbereitung.....	13
3.4.3 Beleuchtung	13
3.4.4 Lüftungstechnik.....	14
3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	14
3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	14
3.5.2 Verbrauchskennwerte.....	15
3.5.3 CO ₂ -Emissionen	17
3.5.4 Energiekosten	17
3.5.5 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	17
3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	19
4 Sanierungsvarianten	20
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	20
4.2 SV 1: EINBLASDÄMMUNG	21
4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH	24
4.4 SV 3: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG	27
4.5 SV 4: WÄRMEPUMPE + PV	30
4.6 MK 1: MASSNAHMENKOMBINATION 1	34
5 Anhang	37

A.1 GLOSSAR 37

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a] 6

Abbildung 2 Energiekosten [€/a]..... 6

Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_P [kWh/a] 7

Abbildung 4 CO₂-Emissionen [kWh/a]..... 7

Abbildung 5 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), (<https://danord.gdi-sh.de>), abgerufen am 17.11.2021)..... 9

Abbildung 6 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes 9

Abbildung 7 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft 15

Abbildung 17 Energieverbrauchskennwerte 16

Abbildung 18 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger 18

Abbildung 10 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1 22

Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 22

Abbildung 12 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2 25

Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 25

Abbildung 14 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3 28

Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 28

Abbildung 16 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4 32

Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 32

Abbildung 18 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1..... 35

Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1 35

Abbildung 20 Primärenergie..... 38

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung 8

Tabelle 2 Gebäudekennwerte 12

Tabelle 3 Fortsetzung Gebäudekennwerte 13

Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart 15

Tabelle 5 Energieverbrauchskennwerte..... 16

Tabelle 6 CO₂-Emissionen 17

Tabelle 7 Bezugskosten nach Energieträger 17

Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1.....	23
Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV 1.....	23
Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	26
Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV 2	26
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	29
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 3	29
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	33
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 4	33
Tabelle 18 Einsparpotenzial, MK 1.....	36

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energiebericht für das Feuerwehrgerätehaus in Borsfleth 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.¹ Die Energieverbräuche können daher als Ver-

¹ Untersuchungsbericht: Energiebedarf versus Energieverbrauch – Fachhochschule Bielefeld, Institut für Bauphysik und Baukonstruktion. Stand 25.10.2019 (abgerufen am 24.08.2021)
<https://www.hausundgrund.de/sites/default/files/downloads/fh-bielefelduntersuchungenergiebedarfversusenergieverbrauch12112019.pdf>

gleichsgrundlage für die Berechnung des Energiebedarfs nur teilweise herangezogen werden. In den vorgeschlagenen Sanierungsvarianten wird lediglich die Hilfsenergie für die technischen Anlagen (Heizung, Beleuchtung usw.) und die Raumwärme betrachtet, d. h., dass auch bei einem Eigenstromverbrauch aus PV-Produktion nur der Anteil für die Hilfsenergie energetisch betrachtet wird.

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

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert, bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. 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. KG² durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

² <https://www.hottgenroth.de>

2 ZUSAMMENFASSUNG

2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

Nachfolgend werden die Einsparungen an Endenergie von Strom und Wärme pro Sanierungsvariante (SV) aufgeführt, die durch Modernisierungen am Gebäude und der Anlagentechnik generiert werden können: Die Wirtschaftlichkeit wird aufgrund der Berücksichtigung des Energieverbrauchs und nicht des Energiebedarfs in Kapitel 4.7 genauer beschrieben.

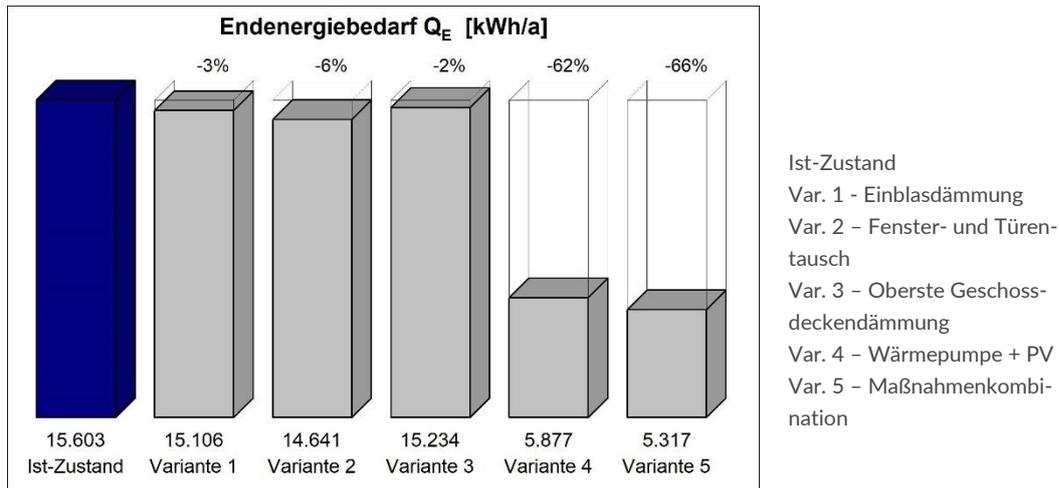


Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]

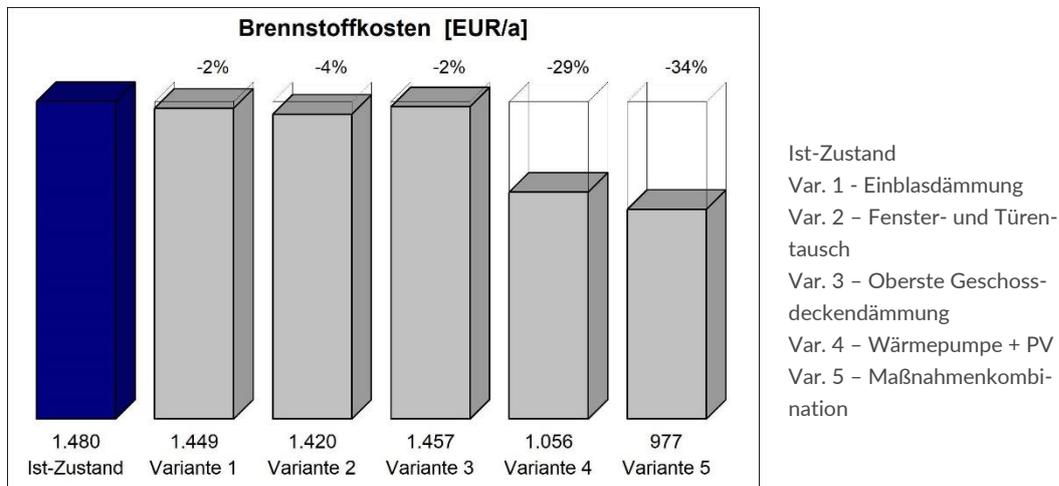


Abbildung 2 Energiekosten [€/a]

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.

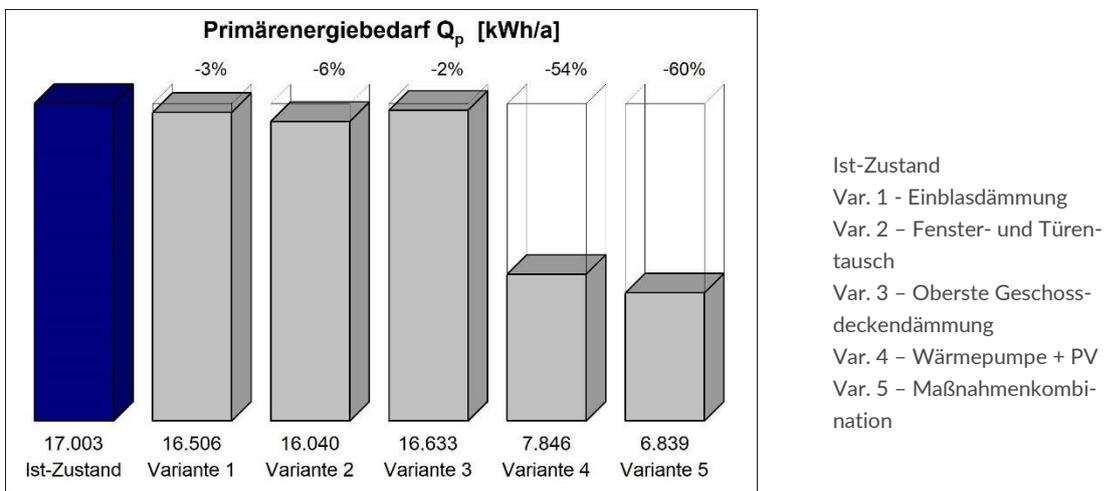


Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_p [kWh/a]

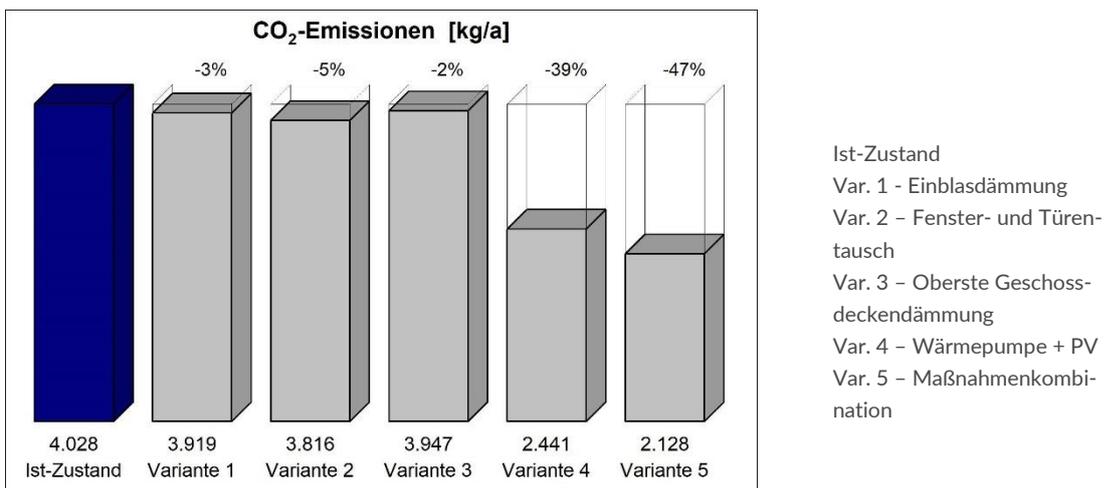


Abbildung 4 CO₂-Emissionen [kg/a]

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

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung

Reihenfolge der Sanierungsvarianten	CO ₂ -Einsparung [kg/a]	Investitionsausgaben (brutto) inkl. 20 % NK [€]	Zuschüsse aus Förderprogrammen (Stand: August 2021)	Amortisationszeit [Jahre]
Schritt 1: Oberste Geschossdeckendämmung	82	2.011	402°€ 20 % BAFA - BEG EM	19
Schritt 2: Wärmepumpe + PV-Anlage	1.587	28.340	5.369 € 35% BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung	29
Schritt 3: Einblasdämmung	110	10.857	- (Erforderlicher U-Wert für eine Förderung wird nicht erreicht)	
Schritt 4: Fenster- und Türentausch	212	20.503	4.100°€ 20 % BAFA - BEG EM	
Summe	1.991	61.711	9.871°€ mit 16 % 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.

3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Das Feuerwehrgerätehaus Borsfleth wurde im Jahr 1995 an der Schulstraße 36 in 25376 Borsfleth errichtet (vgl. Abbildung 5).

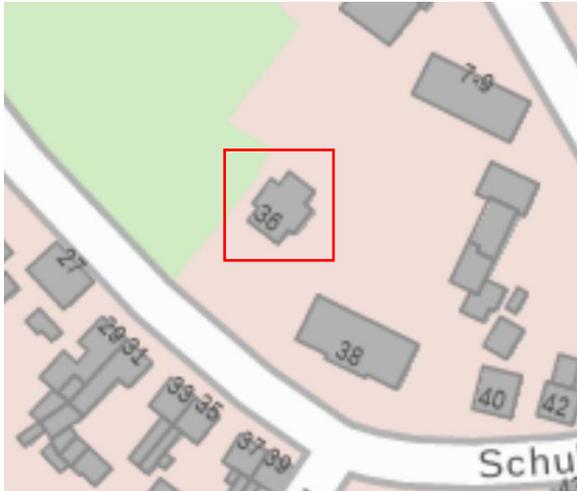


Abbildung 5 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), (<https://danord.gdi-sh.de>), abgerufen am 17.11.2021)

Das Gebäude wurde in Massivbauweise mit Satteldach als Pfettendachkonstruktion errichtet. (vgl. Abbildung 6).

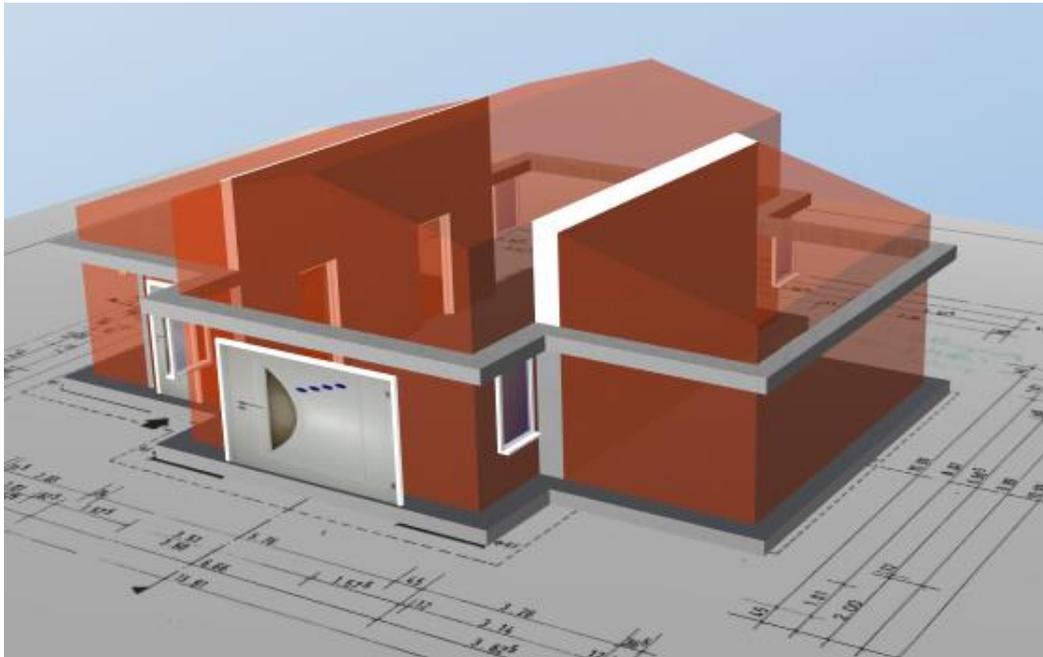


Abbildung 6 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes

Die Außenfassade besteht aus einem Hintermauerwerk aus 17,5°cm bzw. 24°cm dickem Kalksandstein. Die Fassade wurde mit einer 6°cm starken Dämmung, einer 4°cm dicken Luftschicht und einem Verblendmauerwerk versehen. Die Giebel sind aus einer Holzkonstruktion mit Windsperre und mineralischer Dämmung. Die Holzverschalung besteht aus einer Deckelschalung.

Die Innenwände bestehen aus Kalksandstein. Als Dacheindeckung wurden Zementfaser-Kurzwellplatten gewählt. Das Gebäude wurde mit Kunststofffenstern und -türen versehen. Die Fahrzeughalle ist mit einem Sektionalgliedertor im Bereich der Zufahrt versehen.

Die Innenwände im Erdgeschoß wurden zum Teil verputzt und mit einem Anstrich versehen. Die Fahrzeughalle verfügt über einen Wischputz mit Anstrich.

In den sanitären Anlagen wurde ein Wandbelag aus Fliesen bis auf eine Höhe von 1,50°m angebracht.

Als Bodenbelag wurde ein keramischer, rutschfester Belag ausgewählt. Die Nebenräume haben einen ölfesten Anstrich erhalten.

Das Gebäude ist für die Nutzung der Feuerwehr vorgesehen.

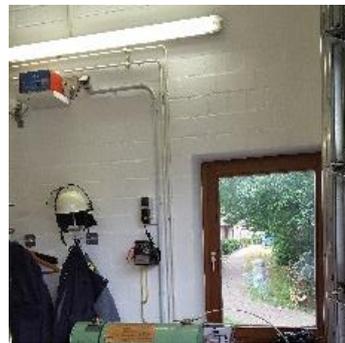
Im Gebäude ist ein Stellplatz für ein Feuerwehrfahrzeug sowie ein Abstellraum und ein Raum zur Atemschutzpflege sowie WC-Räume.

Es stehen außerhalb des Gebäudes 10 PKW-Stellplätze zur Verfügung. Der Parkplatz und die Zufahrt bestehen aus Kopfsteinpflaster.

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Feuerwehr Borsfleth</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Nichtwohngebäude</i>
<i>Straße, Hausnr.</i>	<i>Schulstraße 36</i>
<i>PLZ, Ort</i>	<i>25376 Borsfleth</i>
<i>Baujahr</i>	<i>1995</i>
<i>Beheiztes Gebäudevolumen V</i>	<i>453 m³</i>
<i>Energiebezugsfläche A_{EBF}</i>	<i>136 m²</i>
<i>Thermische Hüllfläche</i>	<i>114 m²</i>
<i>Mittlere Geschosshöhe</i>	<i>ca. 3,50 m</i>

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

3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 06.10.2021).



3.3 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Die nachfolgende Tabelle zeigt die bautechnischen Charakteristika des Gebäudes. Ein wichtiger Indikator für die energetische Qualität der einzelnen Bauteile ist ihr jeweiliger Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert). Er gibt an, wie viel Wärme (in Watt [W]) bei einem Grad Temperaturunterschied (in Kelvin [K]) durch einen Quadratmeter [m²] Bauteilfläche fließt. Das bedeutet, je geringer der U-Wert ist, desto weniger Wärme entweicht durch das Bauteil und desto besser sind seine Dämmeigenschaften. Umgekehrt sind die wärmetechnischen Eigenschaften eines Bauteils schlechter je höher der U-Wert ist. Der zulässige U-Wert in der Tabelle 2 beschreibt den Wert, der nach dem aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG) maximal bei Sanierung oder Neubau zulässig ist.

Dies bedeutet beispielsweise, dass nach einer Sanierung der Außenwand der zulässige U-Wert des Bauteils in Höhe von 0,24 W/(m²K) 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 Literaturangabe³ und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

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

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten U-Werten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) mit angegeben⁴. Die grün markierten Zeilen erfüllen bereits die Anforderungen des aktuellen GEG. Die rot markierten Zeilen entsprechen nicht den aktuellen Anforderungen der GEG.

Tabelle 2 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	KfW-Förderung ⁶
Bodenplatte	0,60	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Decken nach unten gegen Erdreich</i>			
Außenwand	0,51	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			

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

⁴ 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 (Erläuterung siehe Glossar)

⁵ 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.

⁶ Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderung gelten nicht für die Förderung von KfW-Effizienzhäusern. Die Anforderungen Stand Juli 2015 können jederzeit aktualisiert werden.

Tabelle 3 Fortsetzung Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]		
Dach	0,30	0,20	0,14
Bauteilgruppe: Dachflächen			
Fenster	1,70	1,30	0,95
Bauteilgruppe: Fenster			
Außentür	3,50	1,80	1,30
Bauteilgruppe: Außentüren			

3.4 ANLAGENTECHNIK

3.4.1 Heizungsanlage

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

Erzeugung	- Gas-Kesseltherme Energieträger: Erdgas
Verteilung	- Verteilung 1 (Verteilung 1) kein hydraulischer Abgleich Leitungen gedämmt Umwälzpumpe ungeregelt
Übergabe	Übergabe an Zone ‚Sonstige Aufenthaltsräume‘ mit 100 % Übergabekomponente: ‚Heizkörper (freie Heizflächen)‘ Regelung: ‚P-Regler‘

3.4.2 Warmwasserbereitung

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

3.4.3 Beleuchtung

Im betrachteten Feuerwehrgerätehaus 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.

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

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

3.4.4 Lüftungstechnik

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

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen 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.

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

3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

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

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

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

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

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

gebäudespezifischen Verbrauchswerte von Wärme auf ein durchschnittliches Klima hochgerechnet.

In der nachfolgenden Tabelle 4 bzw. der Abbildung 7 werden die tatsächlichen Verbrauchsdaten von Strom und Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der letzten drei Jahre für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Die Verbrauchswerte wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

Jahr	2017	2018	2019	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	12.538	7.574	10.660	10.257
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,06	1,10	1,10	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	13.290	8.331	11.726	11.116
Strom [kWh/a]	6.938	9.364	7.345	7.882
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	20.228	17.695	19.071	18.998
Wasser [m³/a]	7	8	5	7

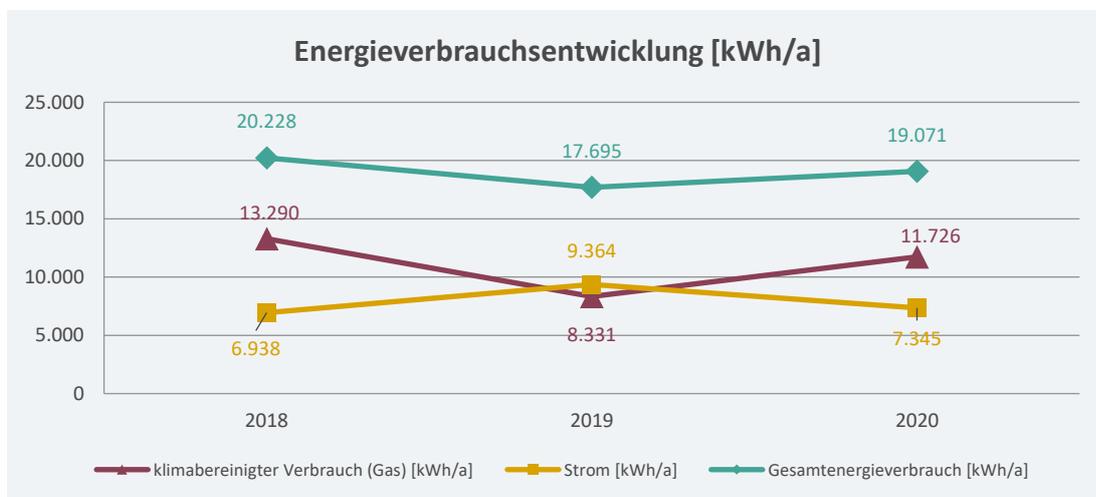


Abbildung 7 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

3.5.2 Verbrauchskennwerte

Das Verfahren des Verbrauchskennwertvergleiches ermöglicht es, die spezifischen Verbrauchsdaten der Objekte mit Werten ähnlicher Referenzgebäude zu vergleichen. Dadurch können Einspar- und Sanierungspotenziale identifiziert werden.

Energieeffizienzmaßnahmen sind besonders dann sinnvoll und wirtschaftlich, wenn die eigenen Energieverbrauchskennwerte deutlich über den Grenzwerten liegen.

Für die Liegenschaften der Gemeinde wurde der Mittelwert aus den Strom- bzw. Gas-(witterungsbereinigt) und Wasserverbrauchsdaten der letzten drei Jahre (2017, 2018, 2019) gebil-

det und durch die Netto-Grundfläche dividiert. Die so ermittelten Energieverbrauchs-kennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.⁷

Tabelle 5 Energieverbrauchskennwerte

Feuerwehren		Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert	
Strom	5	58	19	
Wärme	58	82	124	
Wasser	34	49	230	

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

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

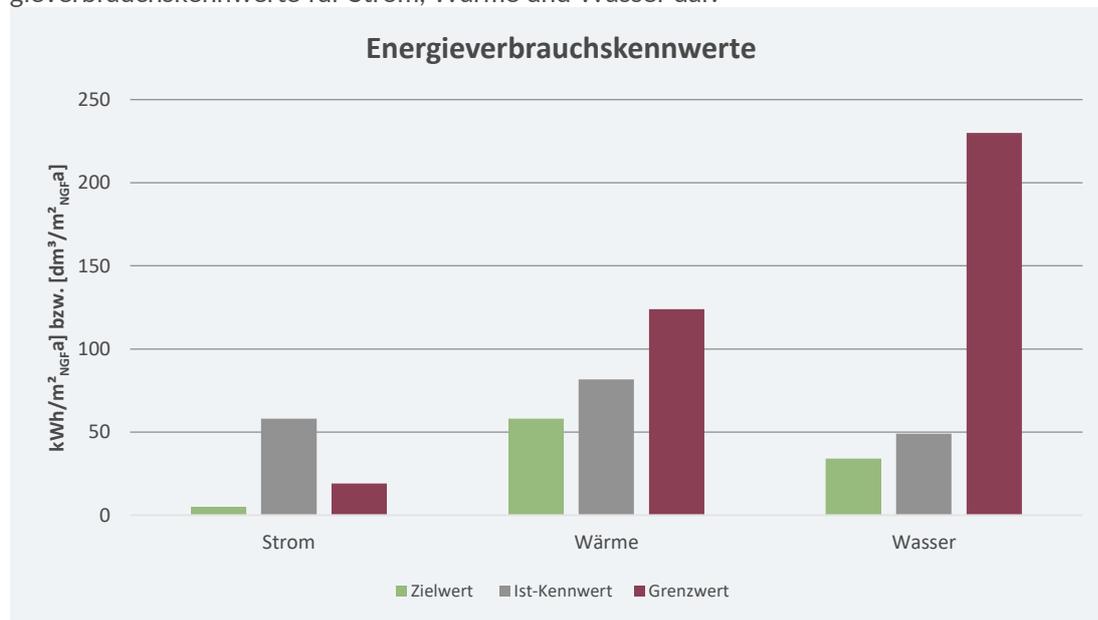


Abbildung 8 Energieverbrauchskennwerte

Auffällig hoch ist der Stromverbrauch im Gebäude. Hier sollte geprüft werden welche Endgeräte diesen Verbrauch verursachen.

⁷ 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)

3.5.3 CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen wurden über die gemittelten Energieverbräuche der letzten drei Jahre und den CO₂-Emissionsfaktoren aus GEMIS⁸ (Stand: 12.2020) bestimmt.

Tabelle 6 CO₂-Emissionen

Energieträger [-]	CO ₂ -Emissionsfaktor [g/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO ₂ -Emissionen [kg/a]
Erdgas	201	1.408	283
Strom	427	7.450	3.181
Summe	-	8.858	3.464

3.5.4 Energiekosten

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

Tabelle 7 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Preis [€/kWh]
Erdgas (inkl. CO ₂ -Steuer)	0,05*
Strom-Mix	0,27
Strom-Mix (Sondertarif für Wärmepumpe - Annahme)	0,22

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

*Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde der tatsächliche Erdgaspreis um die CO₂-Steuer für 2021 erhöht. Die tatsächlichen durchschnittlichen Erdgaspreise der letzten drei Jahre liegen bei rund 4 Cent/kWh (ohne CO₂-Steuer).

3.5.5 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 ei-

⁸ Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme - Das Globale Emissions-Modell integrierter Systeme ist ein frei verfügbares Computermodell mit integrierter Datenbank zur Lebensweg- und Ökobilanzierung und Stoffstromanalyse sowie den CO₂-Fußabdruck für Energie-, Stoff- und Verkehrssysteme

nen 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 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.

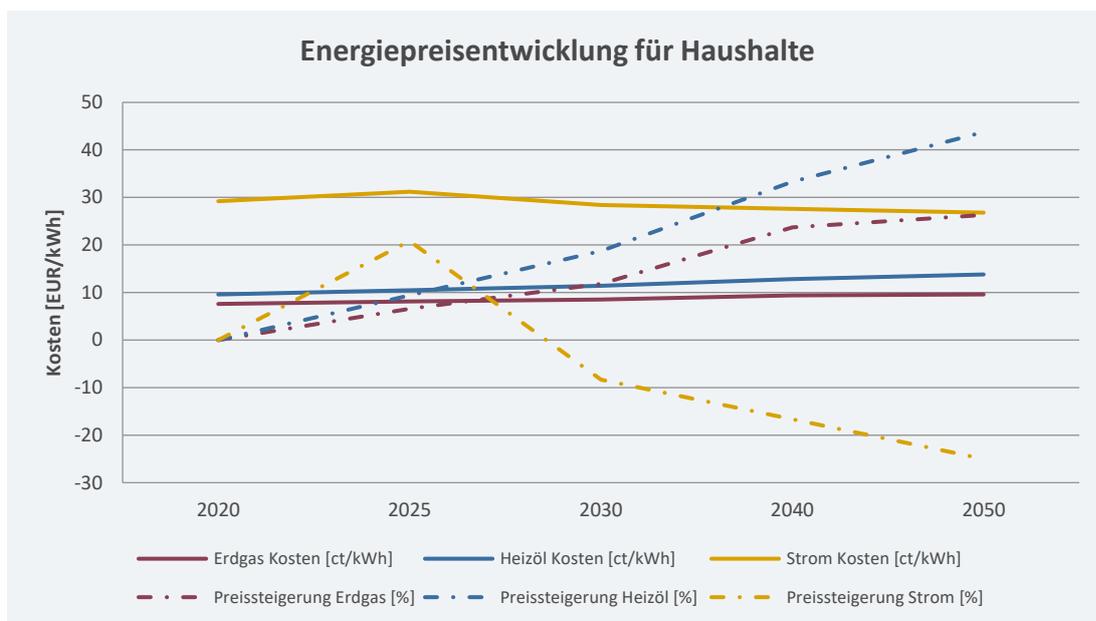


Abbildung 9 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

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

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

3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

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

Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 20 % beaufschlagt und sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten enthalten.

In den Investitionskosten sind auch die Kosten für Nebenarbeiten enthalten.

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

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

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

Empfohlene Sanierungsvarianten:

Var.1 – SV 1: Einblasdämmung

Var.2 - SV 2: Fenster- und Türentausch

Var.3 - SV 3: Oberste Geschossdeckendämmung

Var.4 - SV 4: Wärmepumpe + PV

Var.5 - MK 1: Maßnahmenkombination 1

4.2 SV 1: EINBLASDÄMMUNG

Die Wandflächen des Feuerwehrhauses Borsfleth werden entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Die 4cm starke Luftschicht im zweischaligen Mauerwerk sollte mit einer Einblasdämmung aus Zellulose gedämmt werden. Zellulose ist ein nachhaltiger Dämmstoff und weist eine Wärmeleitgruppe von 0,040 W/mK auf. Die Holzverkleideten Wände sollten entsprechend ebenfalls nachträglich gedämmt werden. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt $\leq 0,24^{\circ}\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Mit der Einblasdämmung wird ein U-Wert von $0,34 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ erreicht und entspricht somit nicht dem Standard des GEG. Da es sich allerdings hierbei um einen nachhaltigen Dämmstoff handelt, ist diese Art der Dämmung nach GEG Anlage 7 dennoch zugelassen.

Um Fördermittel der KfW Bank in Anspruch nehmen zu können sollte ein U-Wert von mindestens $0,20^{\circ}\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ angestrebt werden.

Dies kann mit einem Wärmedämmverbundsystem, einer Vorhangfassade oder aber auch durch das Entfernen des Verblenders und des dickeren Dämmens der Außenwände durchgeführt werden. Die erforderliche Dämmstoffdicke beträgt 12 cm.

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	20 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderkreditbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann kein Zuschuss gewährt werden!

Lediglich bei stärkeren Dämmmaßnahmen könnte eine Förderung angestrebt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

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

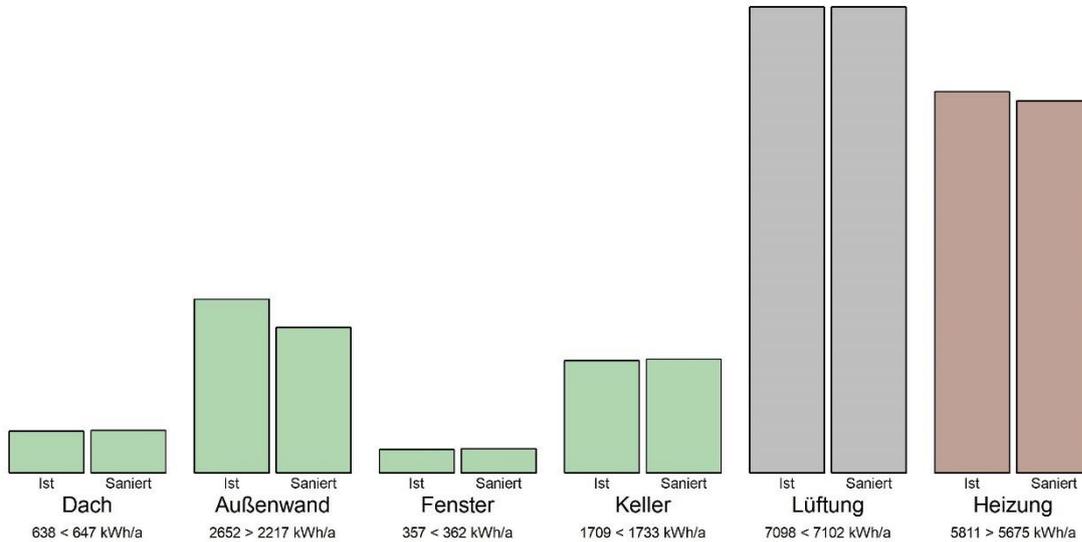


Abbildung 10 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 15.603 kWh/Jahr reduziert sich auf 15.106 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 497 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 110 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 129 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

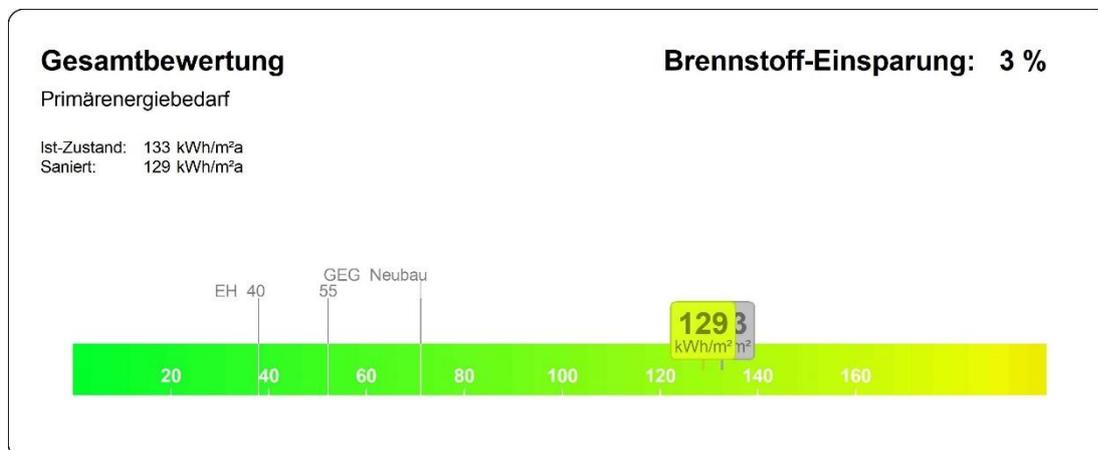


Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	10.857°EUR
Mögliche Fördermittel	°EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	10.857°EUR

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

Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	452	13.560
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	2.290	68.700
Summe	2.742	82.260
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.537	76.110
Einsparung	-205	-6.150

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.480	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.449	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

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

Jegliche Außentüren sowie Garagentore sollten ausgewechselt werden, um einen U-Wert von $1,30^{\circ}\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ zu erreichen.

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

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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	20 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderkreditbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m^2 NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **4.101 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **6%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

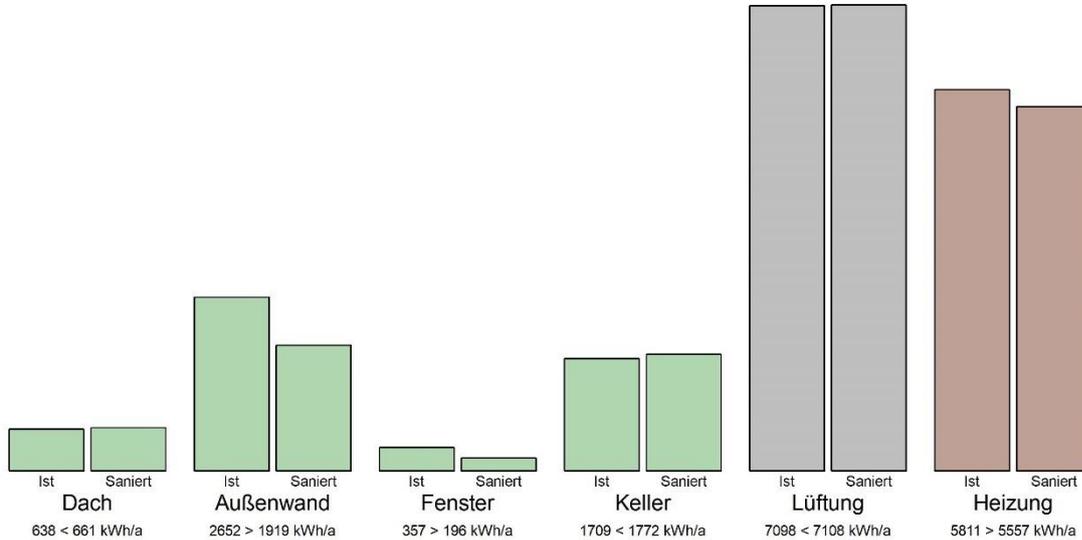


Abbildung 12 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 15.603 kWh/Jahr reduziert sich auf 14.641 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 963 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 212 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 125 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

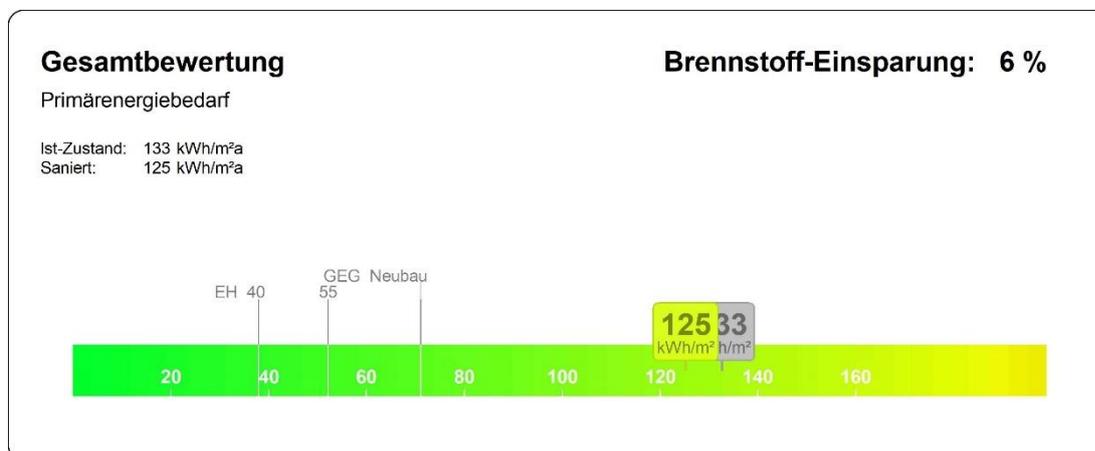


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	20.503 EUR
Mögliche Fördermittel	4.101 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	20.503 EUR

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

Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	854	25.620
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	2.244	67.320
Summe	3.098	92.940
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.537	76.110
Einsparung	-561	-16.830

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.480	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.420	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.4 SV 3: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG

Die oberste Geschossdecke wird entsprechend den Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) gedämmt. Hierfür wird eine Zwischen- und Untersparrendämmung mit einer Stärke von 4°cm mit einem Lambda-Wert von 0,040 W/mK eingebaut. Hierdurch kann der gem. GEG geforderte U-Wert von 0,24 W/m²K eingehalten werden. Sofern Fördermittel bei der KfW beantragt werden, ist bei einer Sanierung der obersten Geschossdecke ein U-Wert von 0,14°W/m²K einzuhalten. Dies könnte beispielsweise durch eine Vergrößerung der Dämmstoffdicke auf 12°cm und einen Lamba-Wert von 0,032°W/mK erreicht werden.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	<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>
Förderquote	20 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderkreditbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **402 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **2%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

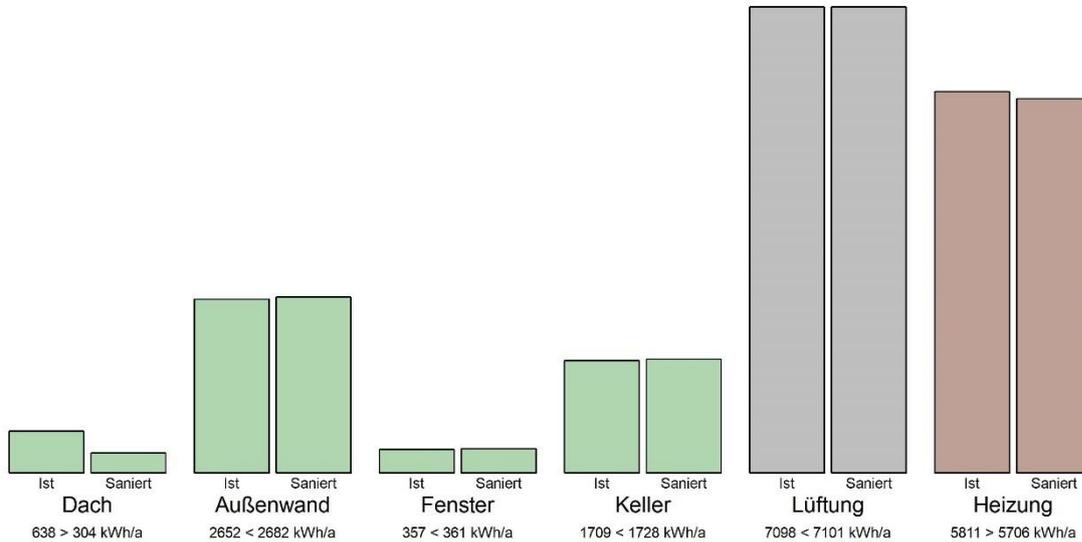


Abbildung 14 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 15.603 kWh/Jahr reduziert sich auf 15.234 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 370 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 82 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 130 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

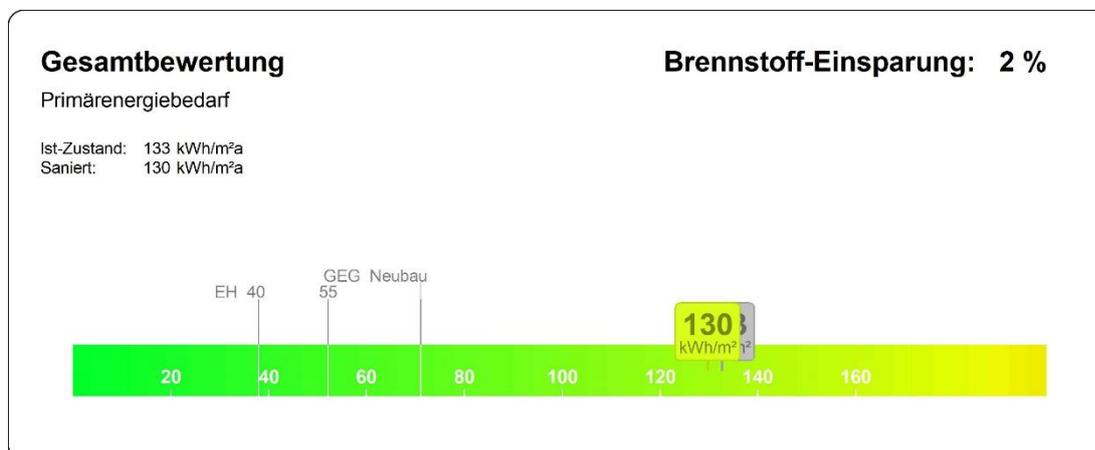


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	2.011°EUR
Mögliche Fördermittel	402°EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	2.011°EUR

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

Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	84	2.520
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	2.302	69.060
Summe	2.386	71.580
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.537	76.110
Einsparung	151	4.530

Die Investition amortisiert sich nach 19 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.480	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.457	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	7,20	%

4.5 SV 4: WÄRMEPUMPE + PV

Der vorhandene Gas-Kesseltherme aus der Mitte der 1990er Jahre könnte gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgetauscht werden. Nach der Implementierung des neuen Wärmeerzeugers wird die Heizlast der Feuerwehr entsprechend der DIN EN 12831 ermittelt. Entsprechend der errechneten Werte wird dann ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Hierfür ist es evtl. erforderlich, alte 2K-Heizkörperventile gegen neue 1K-Ventile auszutauschen. Evtl. werden noch zusätzliche Strangregulierventile eingebaut. Mittels der Heizkörper- und Strangregulierventile werden die ermittelten Volumenströme einreguliert.

Diese Maßnahme umfasst folgende Leistungen:

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

BEG EM - Heizungsanlagen

Info	<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>
Förderquote	<i>20-45 %, für Wärmepumpen 35%</i>
Förderhöhe	<i>Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)</i>
Förderkreditbeitrag	<i>Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m² NGF (max. 15 Mio. €)</i>

BEG EM - Heizungsoptimierung

Info	<i>Gefördert werden Maßnahmen am Heizungsverteilsystem in Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes beitragen (Voraussetzung ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs).</i>
Förderquote	<i>20 %</i>
Förderhöhe	<i>Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)</i>
Förderkreditbeitrag	<i>Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m² NGF (max. 15 Mio. €)</i>

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **4.967€** gewährt werden!

Der Stromverbrauch der Feuerwehr Borsfleth lag in den vergangenen drei Jahren im Mittel bei ca. 7.450 kWh jährlich. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden.

Für eine PV-Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde im Rahmen der Gebäudesimulation das Feuerwehrgerätehaus auf das PV-Dachflächenpotenzial untersucht. Aufgrund des Stromverbrauchs wurde eine PV-Anlage mit einer Generatorgröße von ca. 10 kWp simuliert. Die PV-Module werden mit einer Süd-Ost-Ausrichtung auf dem Dach der Feuerwehr angebracht. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung konnte in der Simulation ein Eigenstromanteil von ca. 40% berechnet. Sollte der Anteil in der Realität höher ausfallen, verbessert sich das Ergebnis der Anlage entsprechend.

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

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **62%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

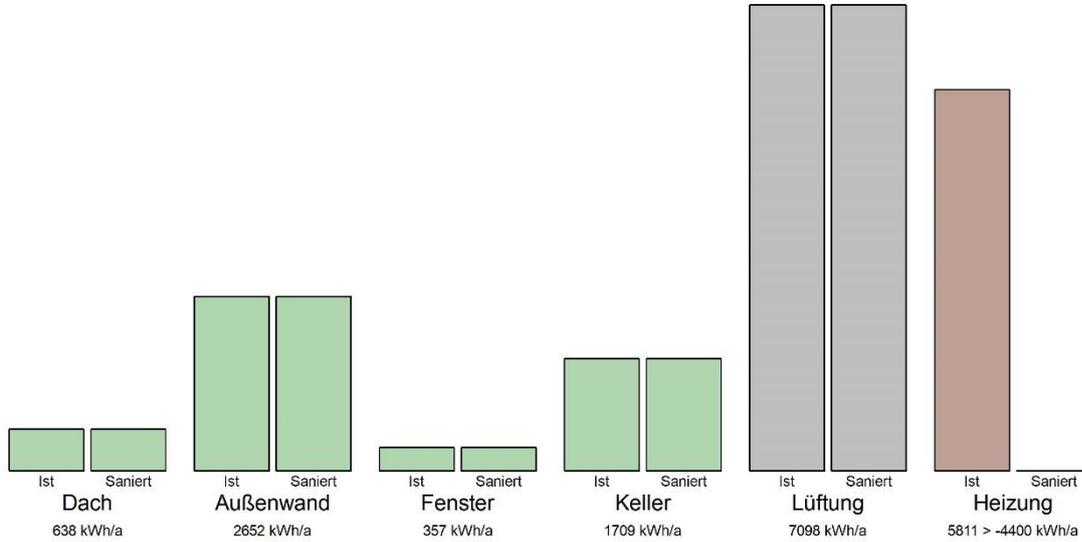


Abbildung 16 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 15.603 kWh/Jahr reduziert sich auf 5.877 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 9.726 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.587 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 61 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

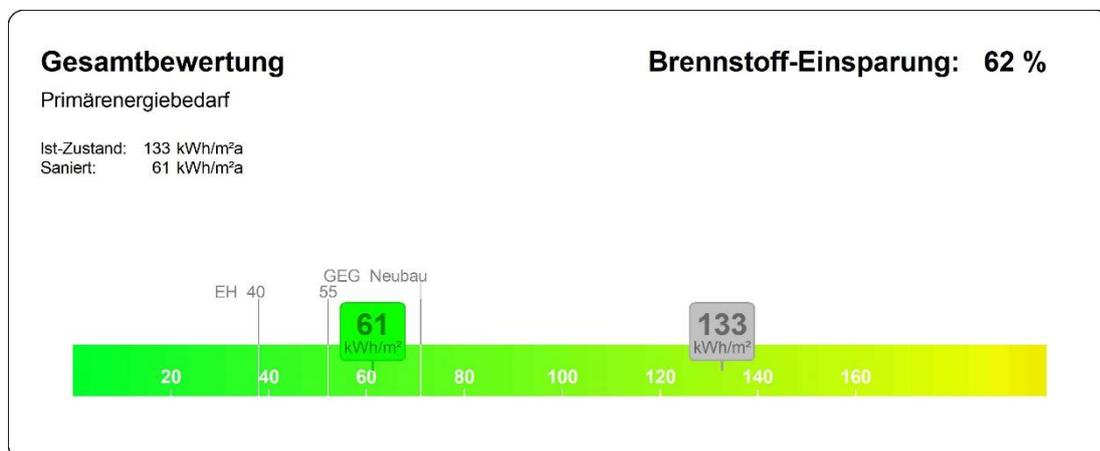


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	28.340°EUR
Mögliche Fördermittel	4.967°EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	28.340°EUR

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

Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.180	35.400
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	1.223	36.690
Summe	2.403	72.090
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.537	76.110
Einsparung	134	4.020

Die Investition amortisiert sich nach 29 Jahren.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.480	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.056	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	1,00	%
Interner Zinsfuß	2,09	%

4.6 MK 1: MASSNAHMENKOMBINATION 1

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Einblasdämmung

Var. 2 – Fenster- und Türentausch

Var. 3 – Oberste Geschossdeckendämmung

Var. 4 – Wärmepumpe + PV

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 60 % und die CO₂-Emissionen um 47 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **66%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

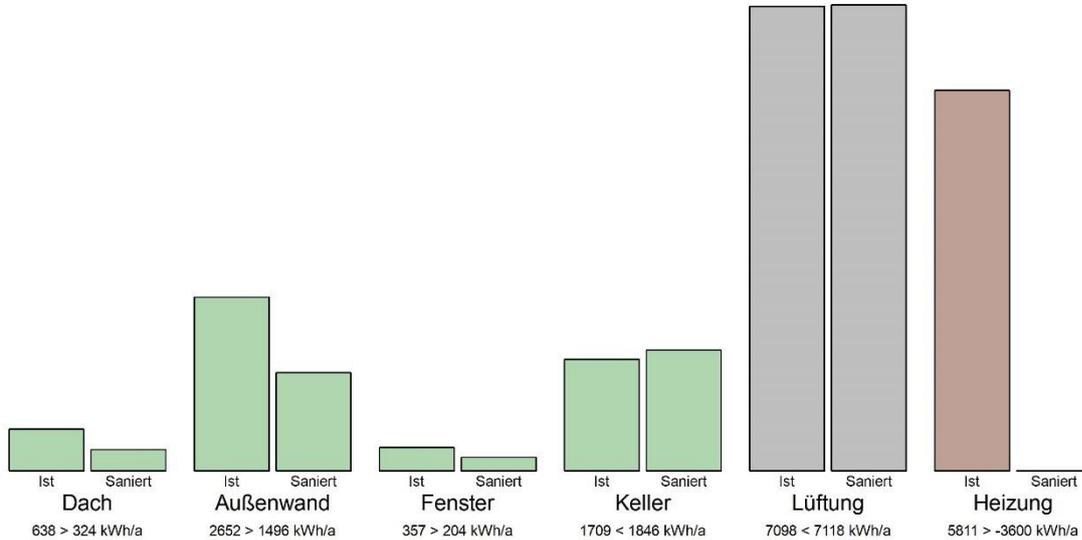


Abbildung 18 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 15.603[°]kWh/Jahr reduziert sich auf 5.317[°]kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 10.286[°]kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.901[°]kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 53[°]kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

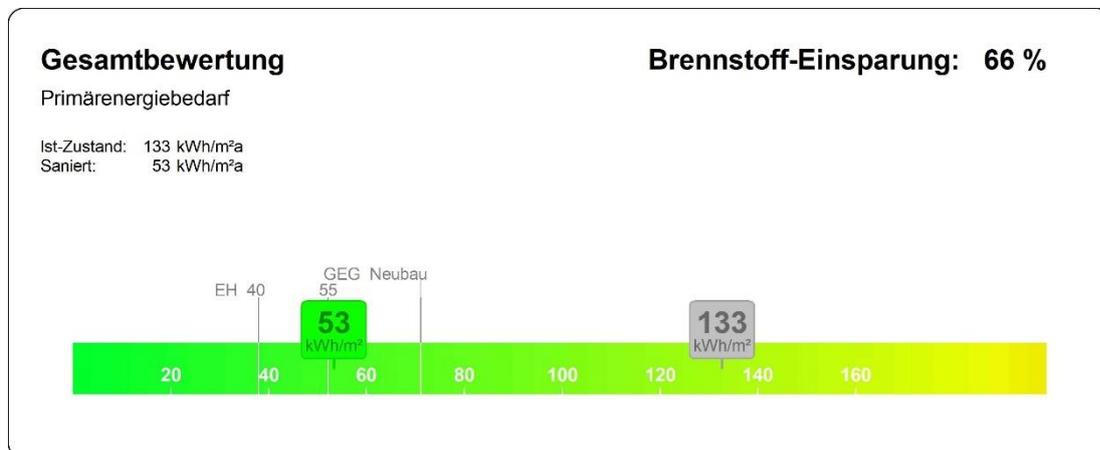


Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **61.711€**.

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

Tabelle 16 Einsparpotenzial, MK 1

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	2.570	77.100
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	1.131	33.930
Summe	3.701	111.030
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	2.537	76.110
Einsparung	-1.164	-34.920

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.480	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	977	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	1,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

5 ANHANG

A.1 GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

Energiebedarf

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

Jahres-Primärenergiebedarf

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

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO₂-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energiesparverordnung.

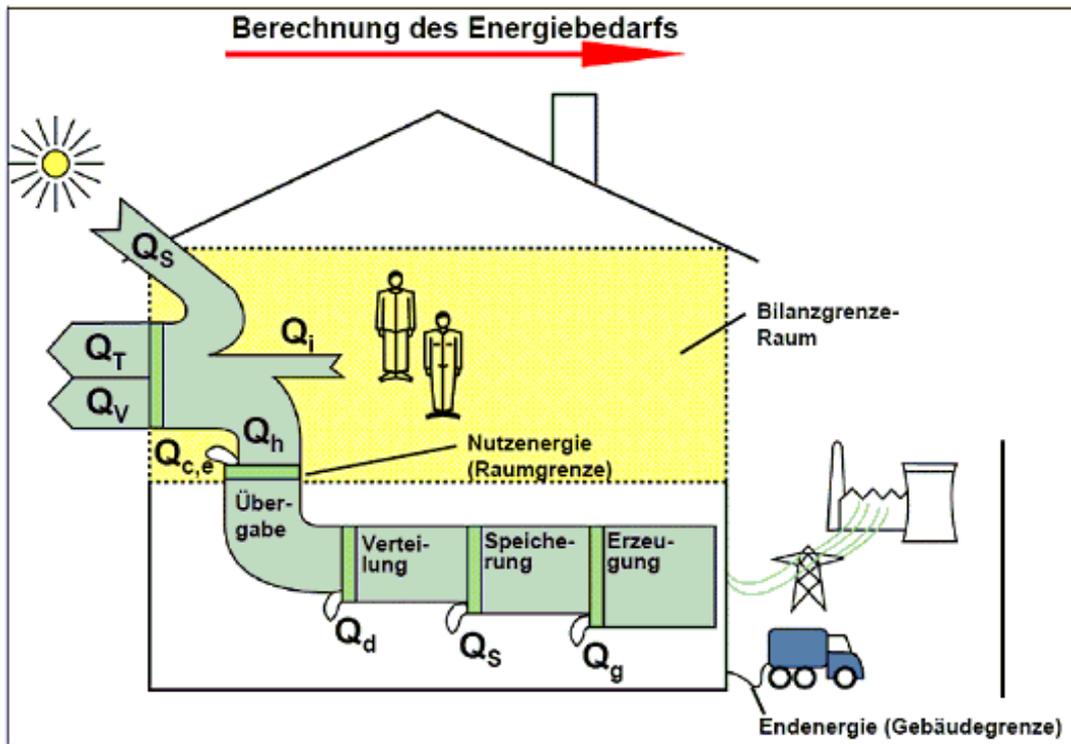


Abbildung 20 Primärenergie

Endenergiebedarf

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

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

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

Nutzenergie

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

Transmissionswärmeverluste Q_T

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

Lüftungswärmeverluste Q_v

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

Trinkwassererwärmung

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

U-Wert (früher k-Wert)

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

Solare Wärmegewinne Q_s

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

Interne Wärmegewinne Q_i

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

Anlagenverluste

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

Wärmebrücken

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

Gebäudevolumen V_e

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

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

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A

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

Kompaktheit A/V

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

Gebäudenutzfläche A_N

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