



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

**FÜR DIE
„SCHLICHTWOHNUNGEN ZUM
BOYENDEICH 1A“
IM AMT HORST-HERZHORN**

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

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Greven, 13.12.2021

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	4
1 Einleitung	6
2 Zusammenfassung	8
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	8
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	9
3 Ausgangssituation.....	11
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	11
3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 04.10.2021) ..	13
3.3 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	14
3.3.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung.....	14
3.4 ANLAGENTECHNIK.....	16
3.4.1 Heizungsanlage.....	16
3.4.2 Warmwasserbereitung.....	16
3.4.3 Beleuchtung	16
3.4.4 Lüftungstechnik.....	16
3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	17
3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	17
3.5.2 Verbrauchskennwerte.....	18
3.5.3 CO ₂ -Emissionen	20
3.5.4 Energiekosten	20
3.5.5 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	20
3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	21
4 Sanierungsvarianten.....	23
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	23
4.2 SV 1: PV	24
4.3 SV 2: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG	26
4.4 SV 3: FENSTERTAUSCH.....	29
4.5 SV4: AUSSENWANDDÄMMUNG	32
4.6 SV 5: WÄRMEPUMPE + PV-ANLAGE.....	35

4.7	MK1: MASSNAHMENKOMBINATION SV1 BIS SV5.....	38
5	FAZIT.....	41
6	Anhang.....	42
A.1	GLOSSAR	42

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]	8
Abbildung 2 Energiekosten [€/a]	8
Abbildung 3 CO ₂ -Emissionen [kWh/a]	9
Abbildung 4 Primärenergiebedarf Q_P [kWh/a]	9
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 01.12.2021	11
Abbildung 6 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes	11
Abbildung 7: Zuordnung der Räumlichkeiten nach beheizten und unbeheizten Flächen	12
Abbildung 8 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft	18
Abbildung 9 Energieverbrauchskennwerte	19
Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger	21
Abbildung 11 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2	27
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	27
Abbildung 13 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV3	30
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	30
Abbildung 15 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4	33
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	33
Abbildung 17 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5	36
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	36
Abbildung 19 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1	39
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1	39
Abbildung 21 Primärenergie	43

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung	10
Tabelle 2 Allgemeine Daten	12
Tabelle 3 Gebäudekennwerte	14
Tabelle 4 Fortsetzung Gebäudekennwerte	15
Tabelle 5 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart	18
Tabelle 6 Energieverbrauchskennwerte	19
Tabelle 7 CO ₂ -Emissionen	20
Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger	20

Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2.....	28
Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2	28
Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	31
Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 3	31
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	34
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 4	34
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	37
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 5	37

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die Schlichtwohnungen an der Straße Zum Boyendeich 1a im Amt Horst-Herzhorn wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes 2.2 „Energiemanagementsysteme“ der Kommunalrichtlinie erstellt. Die Projektträgerschaft wird zum 01.01.2022 von der Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH übernommen. Bis dahin ist der Projektträger Jülich (PtJ) für die Betreuung der Förderanträge aus der Kommunalrichtlinie zuständig, sodass im Folgenden die Bewertungskriterien des Förderschwerpunktes des PtJ berücksichtigt werden.

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

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

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

Aufgrund der Berechnungsmethodik nach DIN V 18599 sind Abweichungen vom Energiebedarf zum Energieverbrauch zu erwarten.¹ 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

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>

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 3.6 genauer beschrieben.

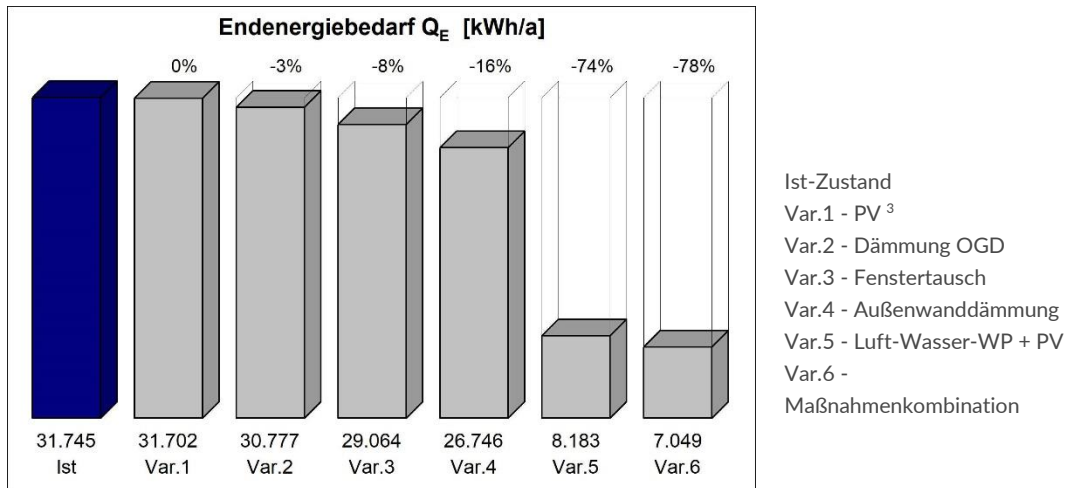


Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]

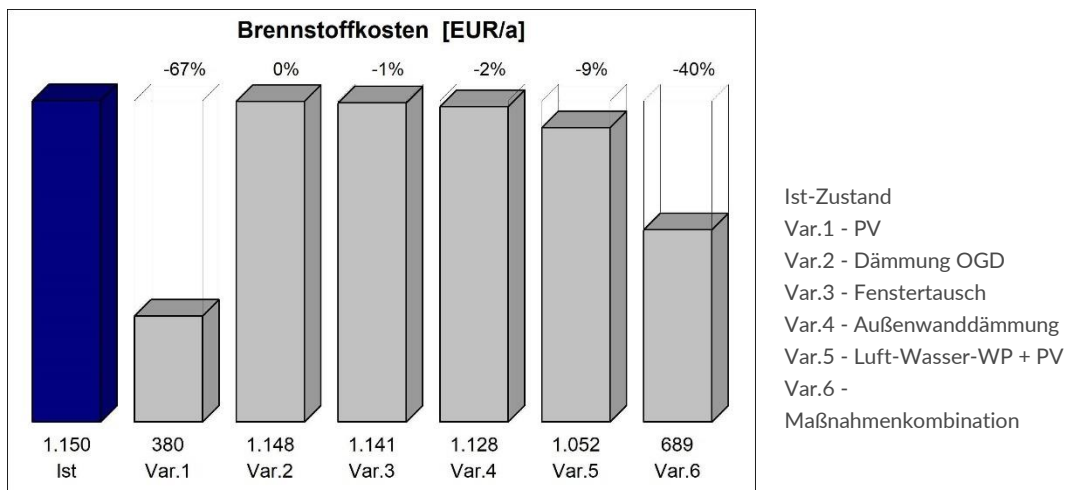


Abbildung 2 Energiekosten [€/a]

³ Die Energieeinsparung der Variante 1 – PV wurde nicht nach der DIN 18599 berechnet, da diese Norm keine realistischen Einsparpotenziale für die Variante ermöglicht. Die Energieeinsparungen sind der Variantenbeschreibung zu entnehmen

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.

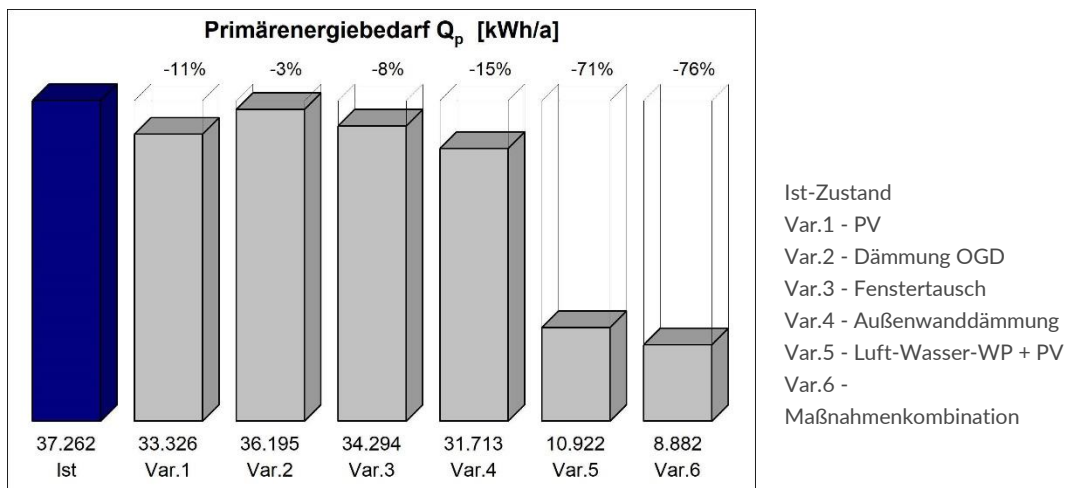


Abbildung 3 CO₂-Emissionen [kWh/a]

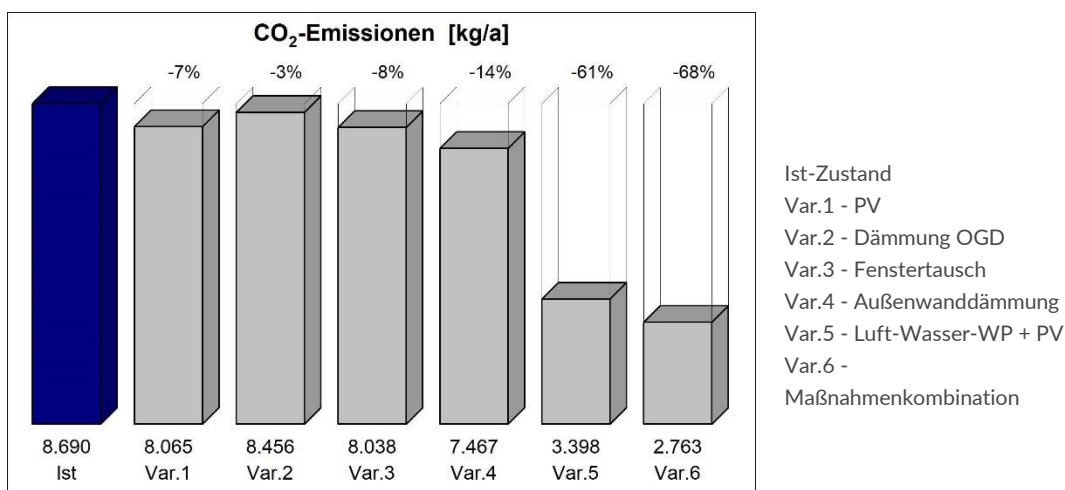


Abbildung 4 Primärenergiebedarf Q_p [kWh/a]

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: PV	3.541	16.620 €	2.520 € 30% BAFA - Heizen mit erneuerbaren Energien	6
Schritt 2: Oberste Geschossdeckendämmung	234	9.972 €	1.994 € 20 % BAFA - BEG EM	21
Schritt 2: Fenster- und Türentausch	652	18.000 €	3.600 € 20 % BAFA - BEG EM	-
Schritt 3: Außenwanddämmung	1.223	18.468 €	3.694 € 20 % BAFA - BEG EM	-
Schritt 4: Wärmepumpe + PV-Anlage	5.292	41.800 €	5.880 € 35% auf die Wärmepumpe	-
Summe	10.942	104.860 €	15.168 € mit 14,5 % mittlere Förderquote	-

Wichtiger Hinweis zu den Informationen über anwendbare Zuschüsse

Sind Zuschüsse für die Umsetzung einer Maßnahme erhältlich, sind diese bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten zu berücksichtigen. Ob die Gemeinde die Förderbedingungen erfüllen kann, ist von der Gemeinde eigenständig zu prüfen. Die Aktualität der Förderkonditionen ist vor der Umsetzung von Maßnahmen ebenfalls zu prüfen. Fördermaßnahmen sind i. d. R. vor Durchführung der Sanierungsmaßnahme zu beantragen.

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

3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Schlichtwohnungen wurden im Jahr 1993 an der Straße Zum Boyendeich 1a in 25358 Horst (Holstein) errichtet (vgl. Abbildung 5).

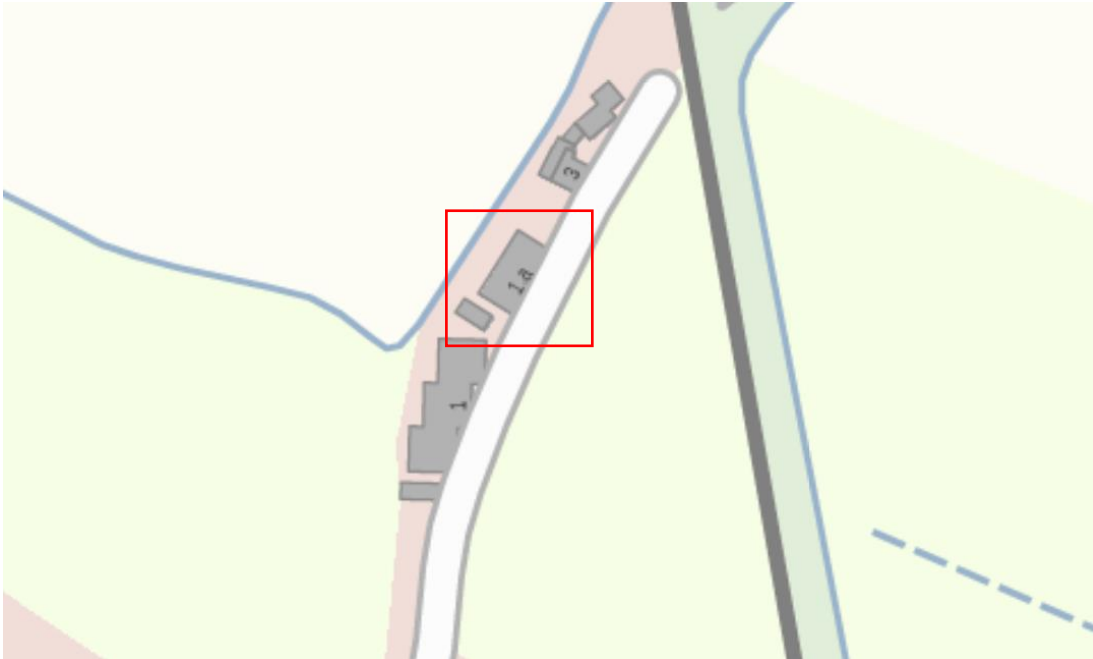


Abbildung 5 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt) (Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), (<https://danord.gdi-sh.de>), abgerufen am 01.12.2021



Abbildung 6 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes

Das Gebäude wurde 1993 in Mauerwerksbauweise mit einem Satteldach errichtet. Es ist nicht unterkellert und hat eine Betonpfanneneindichtung. (vgl. Abbildung 6).

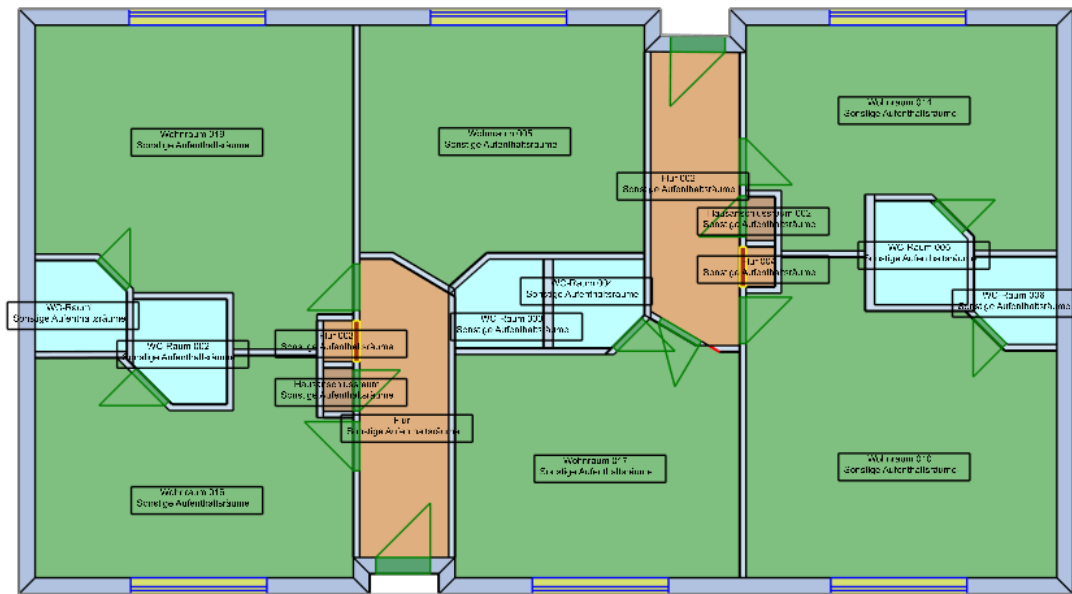


Abbildung 7: Zuordnung der Räumlichkeiten nach beheizten und unbeheizten Flächen

Die Außenwände bestehen aus Poroton-Blockziegeln, die auf beiden Seiten verputzt sind. Die Innenwände wurden aus Kalksandstein hergestellt. Das Dach besteht aus einem Satteldach. Die Satteldächer haben eine granitfarbene Betonpfanne erhalten.

Sämtliche Fenster und Türen sind aus Kunststoff.

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 Sanitäranlagen ausgestattet.

Die Beheizung erfolgt über einen Gaskessel. Die Verkehrsflächen sind mit Verbundpflaster gepflastert.

Tabelle 2 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Schlichtwohnungen Zum Boyendeich 1a
Gebäudetyp	Wohngebäude
Straße, Hausnr.	Zum Boyendeich 1a
PLZ, Ort	25358 Horst (Holstein)
Baujahr	1993
Beheiztes Gebäudevolumen V	687 m ³
Energiebezugsfläche A _{EBF}	188 m ²
Thermische Hüllfläche	689 m ²
Mittlere Geschosshöhe	ca. 2,50 m

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

3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 04.10.2021).



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 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/(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 Literaturangabe⁴ 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 angegeben⁵. 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 ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁶	BEG-Förderung ⁷
Bodenplatte	0,61	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Decken nach unten gegen Erdreich</i>			
Außenwand	0,60	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			

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

⁵ 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)

⁶ 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.

⁷ 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.

Tabelle 4 Fortsetzung Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]		
	Ist-Zustand	GEG	BEG-Förderung
Oberste Geschossdecke	0,30	0,20	0,14
<i>Bauteilgruppe: Dachflächen</i>			
Fenster	3,00	1,30	0,95
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
Außentür	3,50	1,80	1,30
<i>Bauteilgruppe: Außentüren</i>			

3.4 ANLAGENTECHNIK

3.4.1 Heizungsanlage

In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Gaskessel, welcher das Gebäude mit Wärme versorgt. Die Heizkreispumpen sind leistungsgeregelt. Ein hydraulischer Abgleich der gesamten Liegenschaft wurde nicht durchgeführt.

Erzeugung	Vaillant Therme VC 182 Gaskessel Baujahr ca. 1993 Energieträger: Erdgas
Verteilung	Verteilung 1 kein hydraulischer Abgleich Leitungen ungedämmt Umwälzpumpe leistungsgeregelt
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 E-Speicher.

3.4.3 Beleuchtung

In den betrachteten Schlichtwohnungen 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.

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 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]	36.535	31.910	27.959	32.135
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,10	1,10	1,13	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	40.189	35.101	31.594	35.628
Strom [kWh/a]	25.549	19.723	24.823	23.365
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	65.738	54.824	56.417	58.993
Wasser [m ³ /a]	636	696	509	614

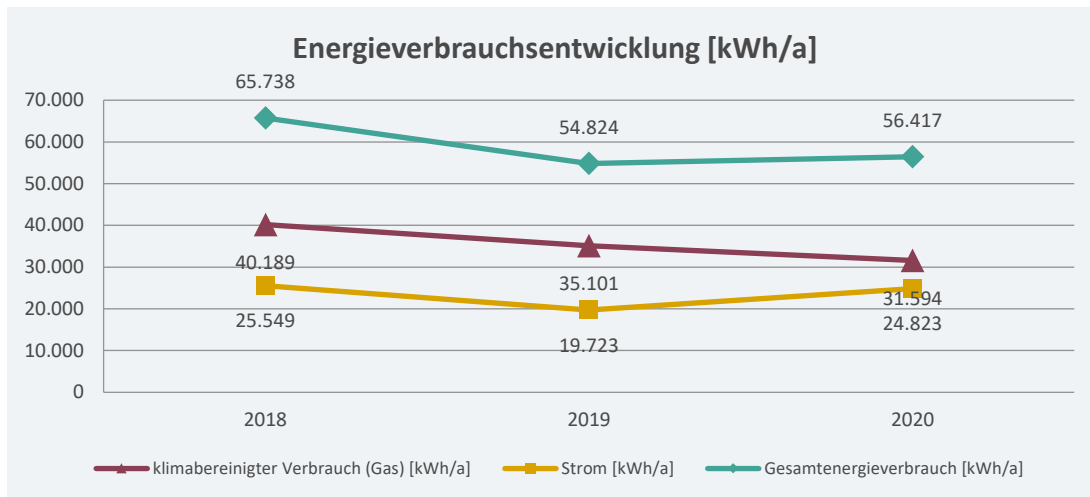


Abbildung 8 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

3.5.2 Verbrauchskennwerte

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

Für die Liegenschaften der Gemeinde wurde der Mittelwert aus den Strom- bzw. Gas-(witterungsbereinigt) und Wasserverbrauchsdaten der letzten drei Jahre (2018, 2019, 2020) gebildet und durch die Netto-Grundfläche von 188 m² dividiert. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.⁸

⁸ Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005)

Zielwert: Unterer Quartilsmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch)

Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

Tabelle 6 Energieverbrauchskennwerte

Energieträger	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	14	124	23
Wärme	81	190	105
Wasser	344	3264	522

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

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

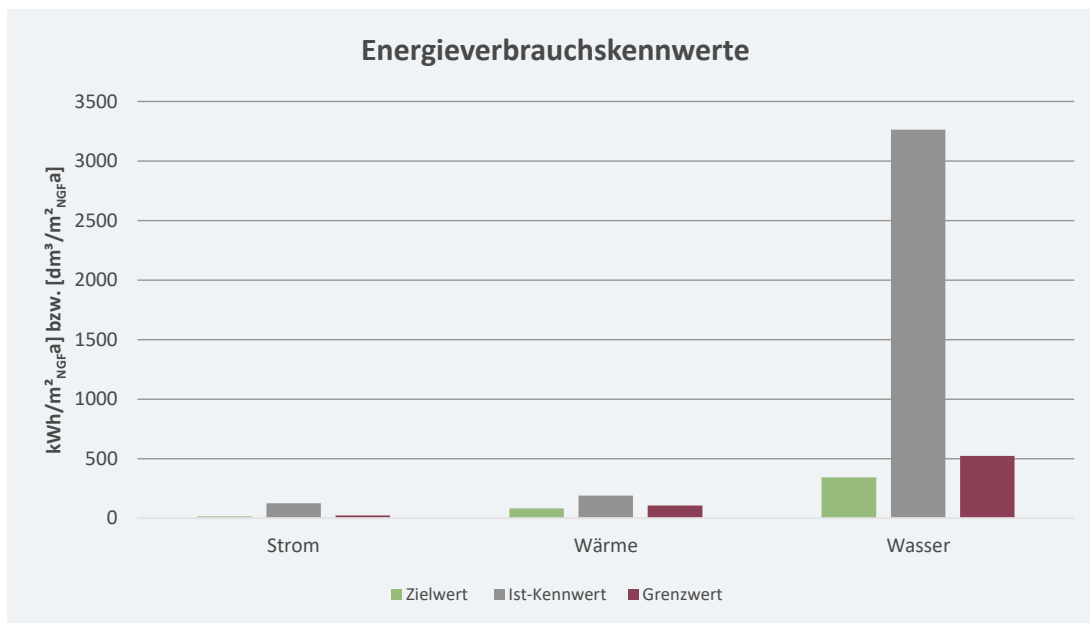


Abbildung 9 Energieverbrauchskennwerte

Der Bedarf an Warmwasser ist für diese Liegenschaft besonders hoch. Hier empfiehlt es sich eine Solarthermieanlage auf das Dach des Gebäudes zu setzen. Der Bedarf an Strom und Wärme ist ebenfalls höher als der Grenzwert, jedoch nicht erheblich. Das größte Potenzial besteht bei der Einsparung von Warmwasser.

3.5.3 CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen wurden über die gemittelten Energieverbräuche der letzten drei Jahre und den CO₂-Emissionsfaktoren aus GEMIS⁹ (Stand: 12.2020) bestimmt.

Tabelle 7 CO₂-Emissionen

Energieträger [-]	CO ₂ -Emissionsfaktor [g/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO ₂ -Emissionen [kg/a]
Erdgas	201	32.135	6.459
Strom	427	23.365	9.977
Summe	-	55.500	16.436

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 8 Bezugskosten nach Energieträger

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

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

*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 einen Wert von

⁹ 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

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.

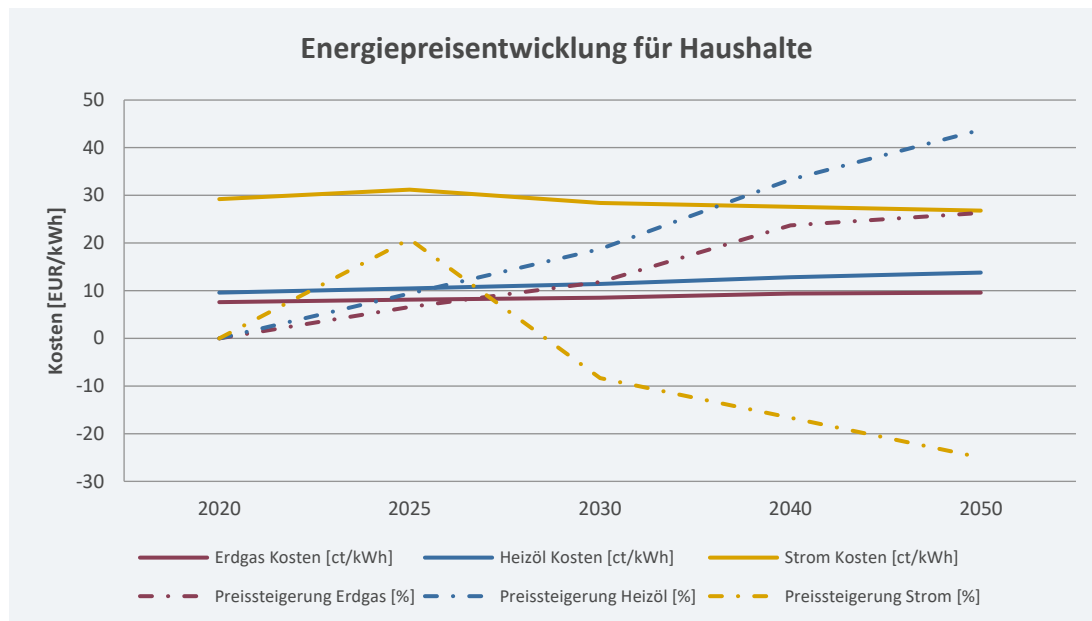


Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger

(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

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

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

3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

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

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

Investitionskosten sind auch die Kosten für Nebenarbeiten enthalten. Zum Beispiel werden beim Tausch des Wärmeerzeugers folgende Arbeitskosten berücksichtigt:

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

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

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

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

Empfohlene Sanierungsvarianten:

Var.1 – SV 1: PV

Var.2 – SV 2: Oberste Geschossdeckendämmung

Var.3 - SV 3: Fenster- und Türentausch

Var.4 - SV 4: Außenwanddämmung

Var.5 - SV 5: Wärmepumpe + PV-Anlage

Var.6 – MK1: Maßnahmenkombination SV1 bis SV5

4.2 SV 1: PV

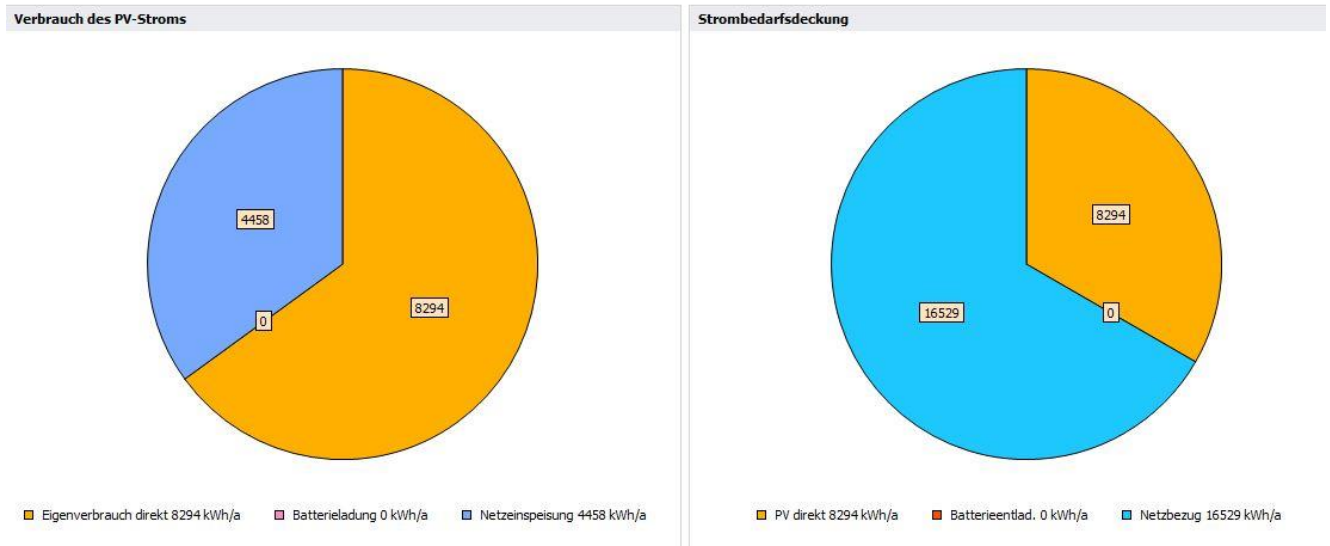
Der Stromverbrauch der Liegenschaft lag in den Jahren 2018 bis 2020 im Mittel bei ca. 23.365 kWh jährlich. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden. Für eine PV-Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde im Rahmen der Gebäudesimulation das Gebäude auf das PV-Dachflächenpotenzial untersucht. Aufgrund des Stromverbrauchs wurde eine PV-Anlage mit einer Generatorgröße von 13,85 kWp simuliert. Auf die Verschattung der angrenzenden Bäume ist zu achten. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeiservergütung ab. Der Strombezugspreis liegt bei ca. 0,27 €/kWh. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung konnte in der Simulation ein Eigenstromanteil von ca. 65% 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.



Dimensionierung	Jahresergebnisse	Eigenverbrauch
Bruttofläche: 69,81 m ²	Jahresertrag: 12752 kWh	Eigenverbrauchsanteil: 65,0 %
Nennleistung: 13,85 kWp	Spezifischer Ertrag: 921,0 kWh/kWp/a	Selbstversorgungsanteil: 33,4 %
	Performance Ratio: 86,6 %	

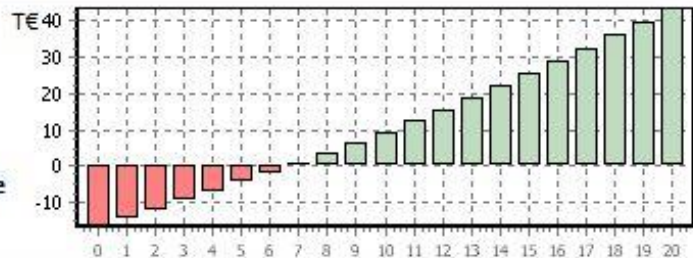
Übersicht Diagramme Tabelle



Amortisation

Investitionssumme 16620,00 €

Amortisationszeit 6,66 Jahre



Gewinnberechnung (nach Annuitäten-, Kapitalwert- und Endwertmethode)

	Annuitäten [€/Jahr]	Kapitalwerte [€]	Endwerte [€]
Verbrauch/Energie	2.869,36	57.387,19	57.387,19
+ Vergütungen	312,06	6.241,20	6.241,20
+ Sonstige Ausgaben			
+ Sonstige Einnahmen			
+ Zuschüsse			
+ Mieten			
- Kapitalkosten	831,00	16.620,00	16.620,00
- Betrieb/Wartung	170,19	3.403,83	3.403,83
= Gewinn	2.180,23	43.604,57	43.604,57

Rendite

Interner Zinssatz 15,2% p.a.

4.3 SV 2: OBERSTE GESCHOSSDECKENDÄMMUNG

Die oberste Geschossdecke wird entsprechend den Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Hierfür wird eine Zwischen- und Untersparrendämmung mit einer Stärke von 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 Bafa beantragt werden, ist bei einer Dachsanierung ein U-Wert von **0,14 W/m²K** einzuhalten. Dies könnte beispielsweise durch eine Vergrößerung der Dämmstoffdicke auf 14°cm mit einem Lambda-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 **1.994 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 2 -

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.

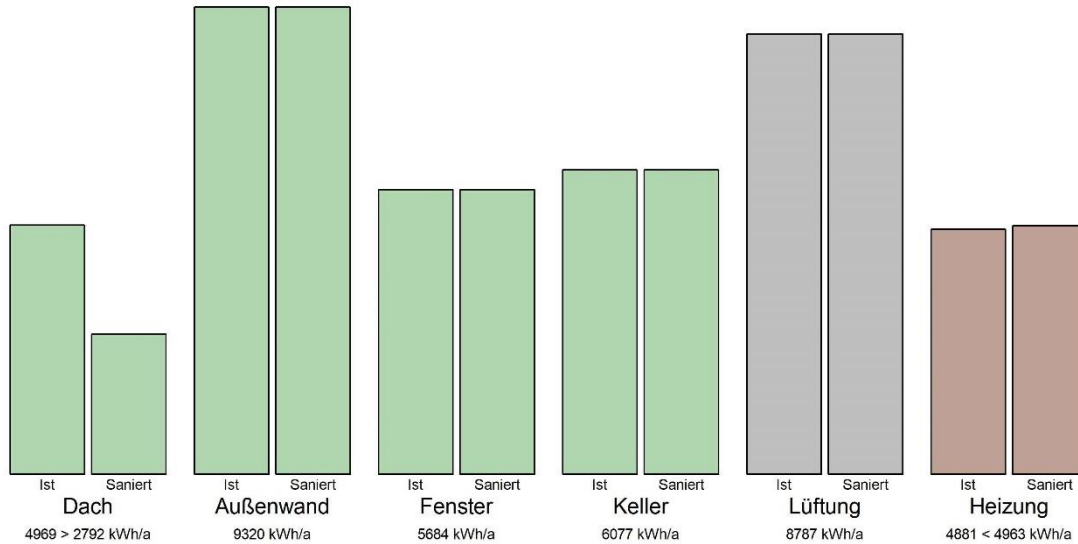


Abbildung 11 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 31745 kWh/Jahr reduziert sich auf 30777 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 967 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 234 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 193 kWh/m² pro Jahr.

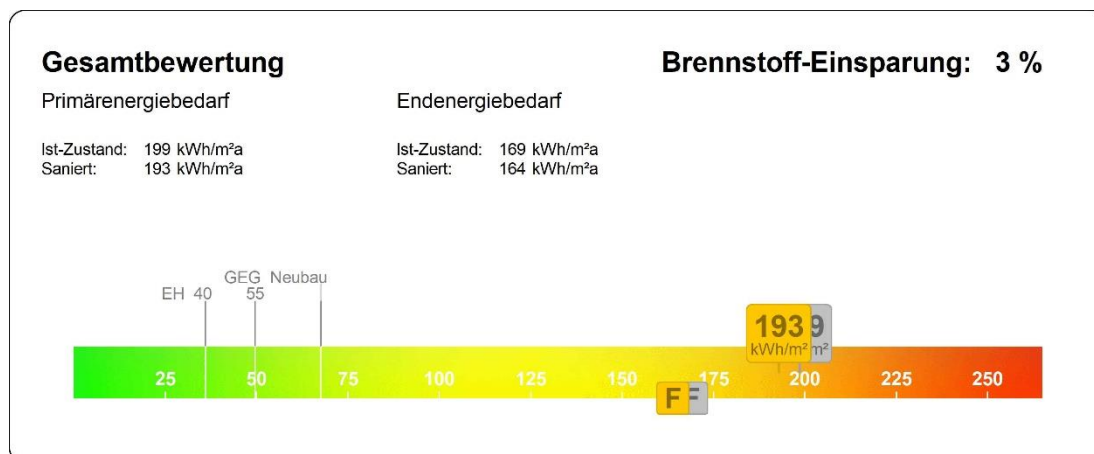


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	9.972 EUR
Mögliche Fördermittel	1.994 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	9.972 EUR

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

Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	415	12.450
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	1.969	59.070
Summe	2.384	71.520
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	1.971	59.130
Einsparung	-413	-12.390

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.150	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.140	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: FENSTERTAUSCH

Die vorhandenen Fenster sollten entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) ausgetauscht werden. Für die Berechnung wird für die Fenster ein U_w -Wert von **0,90 W/m²K** gewählt.

Die Außentüren sollten ausgetauscht werden, um einen förderfähigen U-Wert von **1,30°W/m²K** zu erzielen.

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	<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 3.600 € gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **8%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

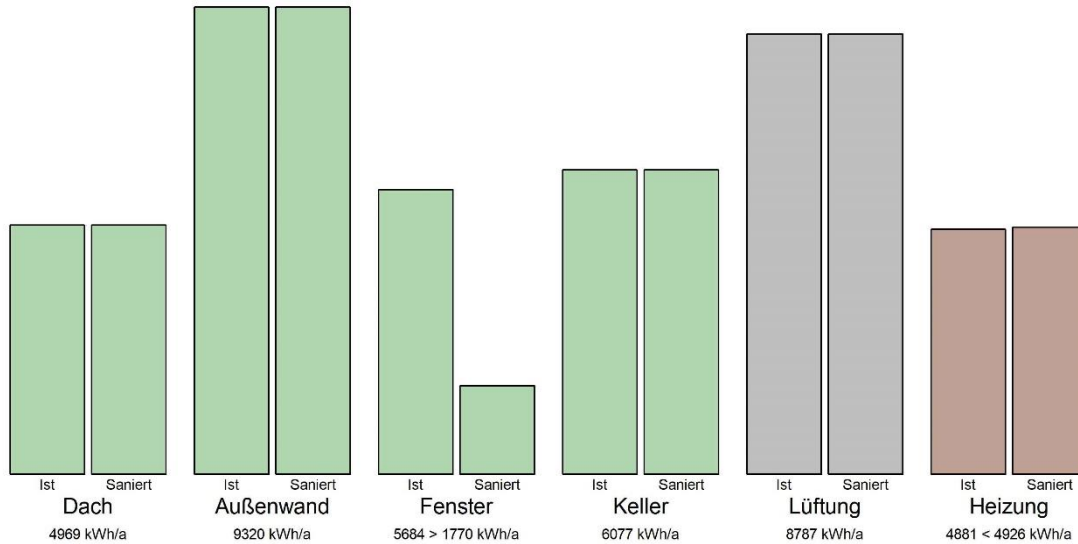


Abbildung 13 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 31745 kWh/Jahr reduziert sich auf 29064 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2680 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 652 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 183 kWh/m² pro Jahr.

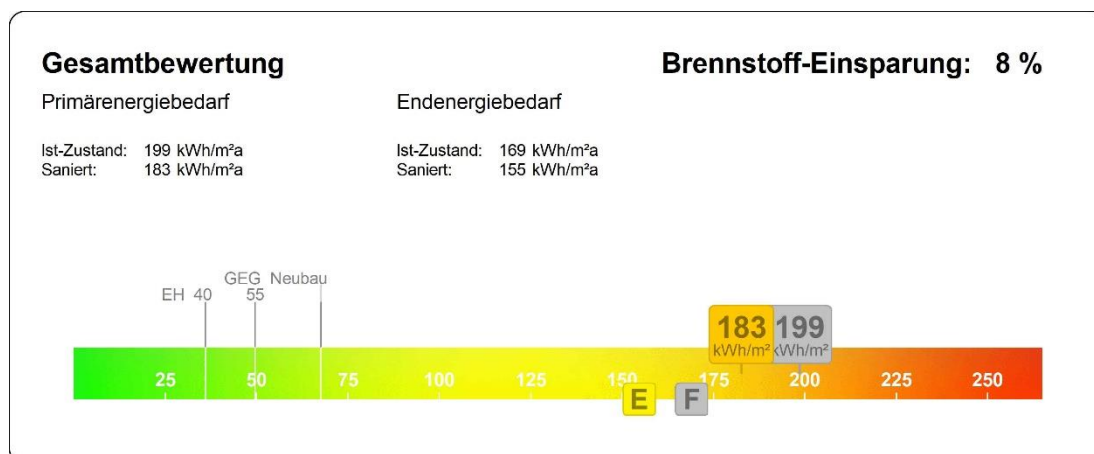


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	18.000 EUR
Mögliche Fördermittel	3.600 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	18.000 EUR

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

Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	750	22.500
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	7.956	58.680
Summe	2.706	81.180
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	1.971	59.130
Einsparung	-735	-22.050

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.150	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.128	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.5 SV4: AUSSENWANDDÄMMUNG

Die Wandflächen des Gebäudes werden entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um diesen U-Wert zu erreichen, würde eine Dämmung von 10°cm mit einem Lambda-Wert von 0,040 W/mK ausreichen. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung sollte der geforderte U-Wert deutlich unterschritten werden.

In dieser SV wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert in Höhe von **0,18°W/m²K** angesetzt. Dieser Wert wird durch eine Dämmstoffstärke von 12°cm mit einem Lambda-Wert von 0,032 W/mK erreicht. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

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

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 **3.694 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **16%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

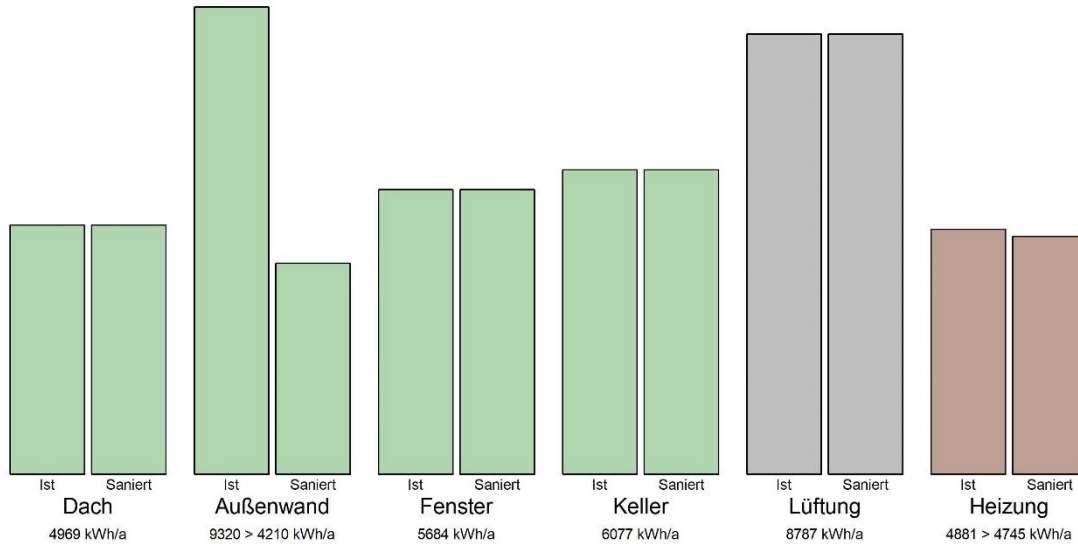


Abbildung 15 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 31.745 kWh/Jahr reduziert sich auf 26.746 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.999 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.223 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 169 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.

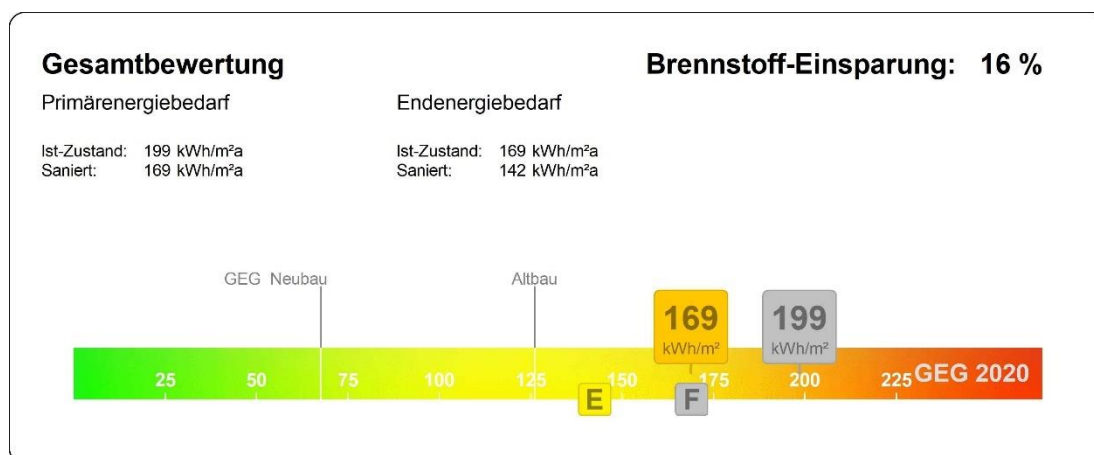


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	18.468 EUR
Mögliche Fördermittel	3.694 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	18.468 EUR

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

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	769	23.070
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	1.934	58.020
Summe	2.703	81.090
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	1.971	59.130
Einsparung	-732	-21.960

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.150	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.128	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	-	%

4.6 SV 5: WÄRMEPUMPE + PV-ANLAGE

Der vorhandene Gaskessel könnte gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgetauscht werden. Nach der Implementierung des neuen Wärmeerzeugers wird die Heizlast der Schlichtwohnungen 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
- ▶ Erneuerung der Rohrdämmungen
- ▶ Austausch der Thermostatköpfe und Ventile (1K – Temperaturregelung)
- ▶ Einregulierung des Volumenstroms

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	Wärmepumpen 35%
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 **5.880 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **74%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

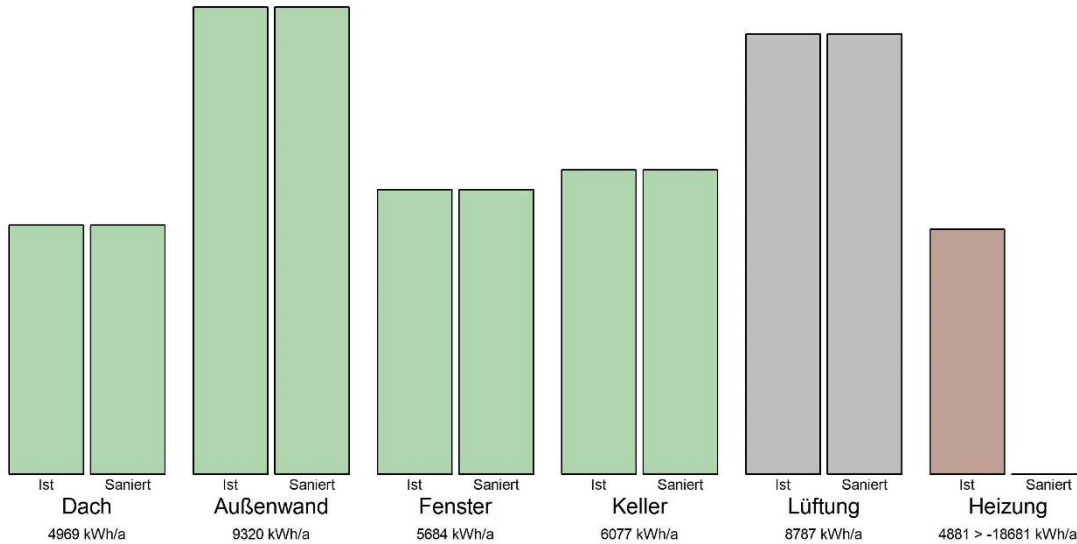


Abbildung 17 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 31745 kWh/Jahr reduziert sich auf 8183 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 23562 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5292 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 58°kWh/m² pro Jahr.

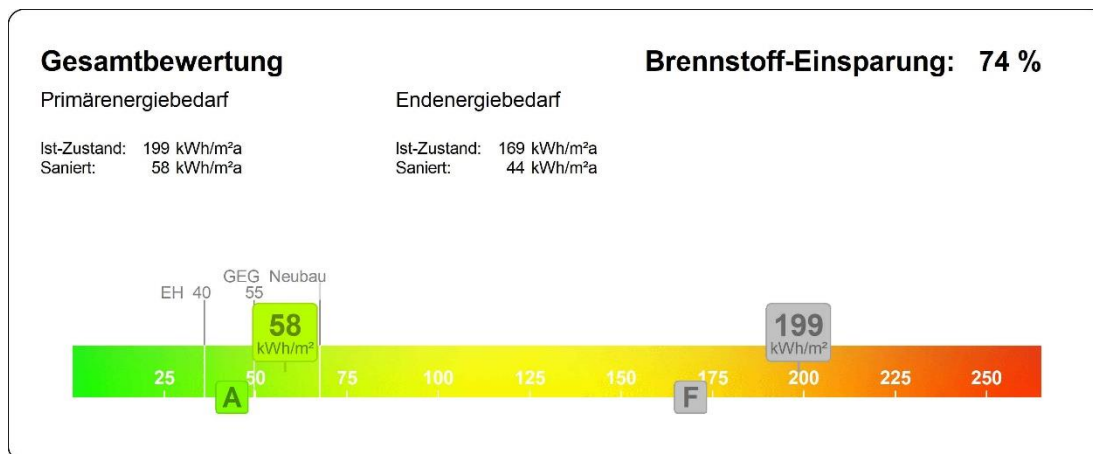


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	41.800 EUR
Mögliche Fördermittel	5.880 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	41.800 EUR

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

Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.741	52.230
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	1.218	36.540
Summe	2.959	88.770
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	1.971	59.130
Einsparung	-988	-29.640

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	25	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	1.150	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.052	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.7 MK1: MASSNAHMENKOMBINATION SV1 BIS SV5

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - SV 1: PV

Var.2 - SV 2: Oberste Geschossdeckendämmung

Var.3 - SV 3: Fenster- und Türentausch

Var.4 - SV 4: Außenwanddämmung

Var.5 - SV 5: Wärmepumpe + PV-Anlage

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **85%**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

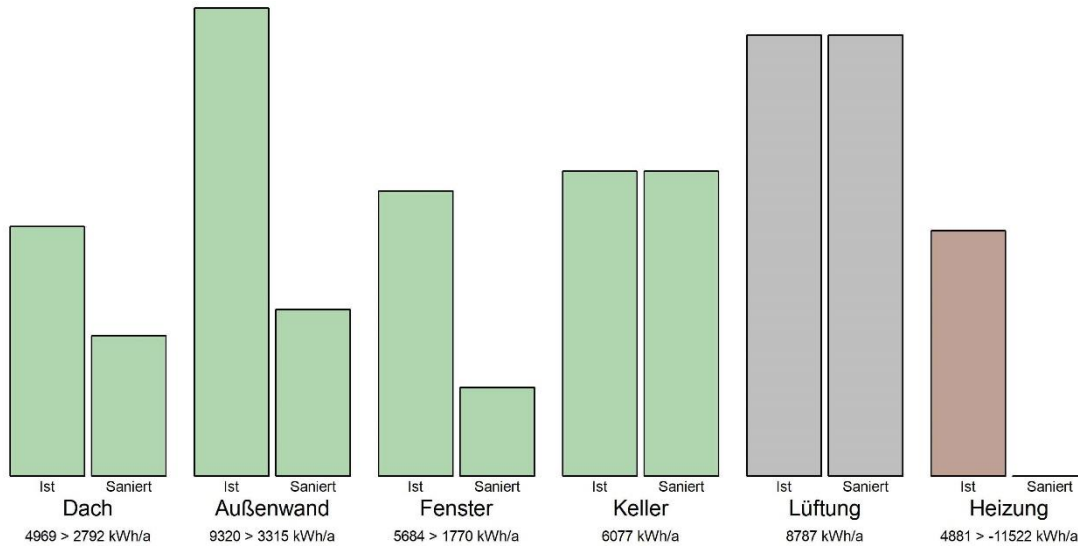


Abbildung 19 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 31745 kWh/Jahr reduziert sich auf 4858 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 26886 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7154 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 26°kWh/m² pro Jahr.

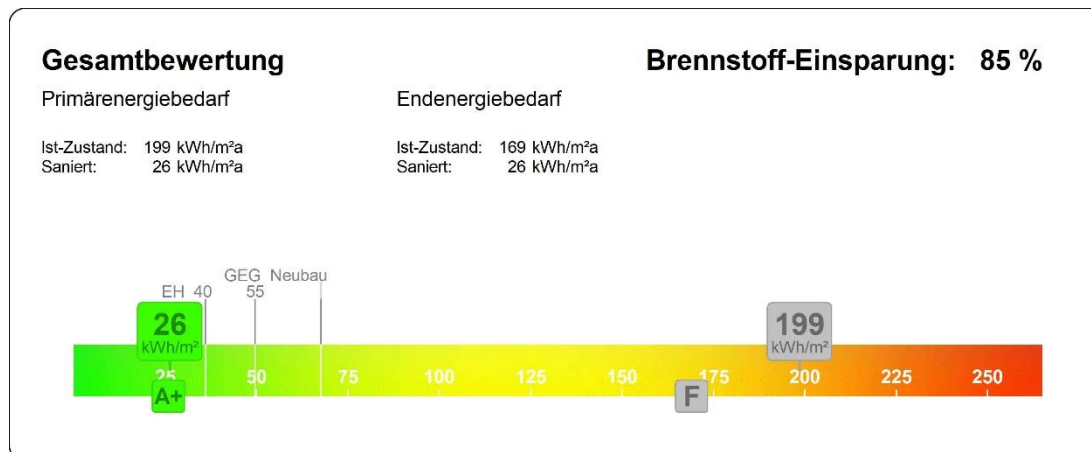


Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **96.640 €**.

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

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	4.211	126.330
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	798	23.940
<i>Summe</i>	5.009	150.270
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	1.971	59.130
<i>Einsparung</i>	-3.038	-91.140

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

<i>Betrachtungszeitraum</i>	30	<i>Jahre</i>
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand</i>	1.150	<i>EUR/Jahr</i>
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand</i>	689	<i>EUR/Jahr</i>
<i>Kalkulationszinssatz</i>	1,50	%
<i>Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen</i>	3,50	%
<i>Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand</i>	3,50	%
<i>Teuerungsrate für Brennstoff im sanierten Zustand</i>	3,00	%
<i>Interner Zinsfuß</i>	-	%

5 FAZIT

Im vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Gebäudes durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik simuliert sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 5 vorgeschlagen. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 74 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Einbau einer Wärmepumpe in Kombination mit einer PV-Anlage.

Zu Beginn sollte zuerst eine Photovoltaik Anlage auf dem Dach des Gebäudes angebracht werden (sofern die Statik dies zulässt). Grundsätzlich sollte danach das Gebäude mindestens nach den Anforderungen des GEG gedämmt und eine neue Heizungsanlage eingebaut werden.

Durch eine Kombination der vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 84 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 61 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Hierdurch könnte außerdem der Effizienzgebäudestandard 85 EE erreicht werden.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele wird die Sanierung der Schlichtwohnungen zum Effizienzgebäude empfohlen. Die Umsetzung der gewählten Maßnahme(n) sollte durch einen erfahrenen Fachplaner begleitet werden.

Um die vollständige Fördersumme für Einzel- oder Gesamtsanierungen auszuschöpfen, sollten Fördermittel rechtzeitig beantragt und auf die Möglichkeit der Kombination mit weiteren Maßnahmen geprüft werden.

6 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.

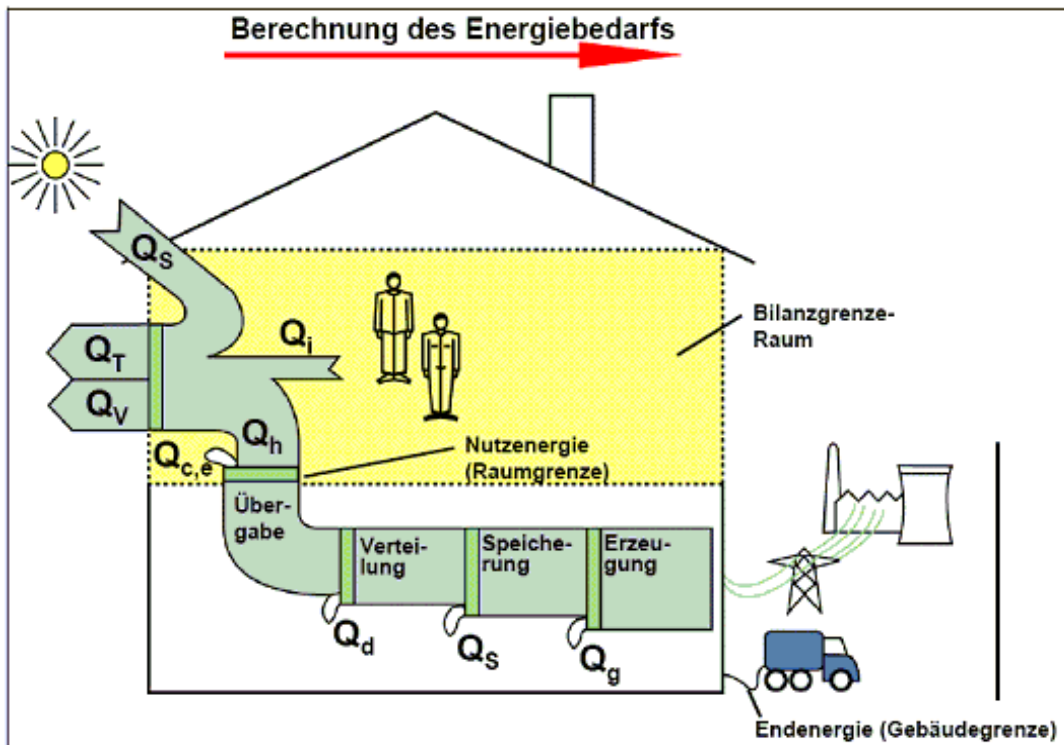


Abbildung 21 Primärenergie

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.