



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

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

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

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Greven, 23.03.2022

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	5
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.....	15
3.4.1 Heizungsanlage.....	15
3.4.2 Warmwasserbereitung.....	16
3.4.3 Beleuchtung	16
3.4.4 Lüftungstechnik.....	16
3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	16
3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	16
3.5.2 Verbrauchskennwerte.....	17
3.5.3 CO ₂ -Emissionen	19
3.5.4 Energiekosten	19
3.5.5 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	20
3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	21
4 Sanierungsvarianten.....	22
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	22
4.2 SV 1: PV ANLAGE.....	23
4.3 SV 2: HYDRAULISCHER ABGLEICH	25
4.4 SV 3: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE ALTBAU	28
4.5 SV 4: LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE	31
4.6 SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION	34

5	Fazit	37
6	Anhang	38
A.1	GLOSSAR	38

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]	8
Abbildung 2 Energiekosten [€/a]	8
Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_p [kWh/a]	9
Abbildung 4 CO ₂ -Emissionen [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 Energieverbrauchsentwicklung	17
Abbildung 9 Energieverbrauchskennwerte	18
Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger	20
Abbildung 11 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2	26
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	26
Abbildung 13 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3	29
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	29
Abbildung 15 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4	32
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	32
Abbildung 17 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5	35
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	35
Abbildung 19 Berechnung des Energiebedarfs	39

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	17
Tabelle 6 Energieverbrauchskennwerte.....	18
Tabelle 7 CO ₂ -Emissionen	19
Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger	20
Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2.....	27
Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2	27
Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	30
Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 3	30
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	33
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 4	33
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	36
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 5	36

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die Schlichtwohnungen an der Straße Zum Boyendeich 1 im Amt Horst-Herzhorn wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes 2.2 „Energieagementsysteme“ 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 energiewirtschaftlich 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-bielefelduntersuchungenergiebedarf-versusenergieverbrauch12112019.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.

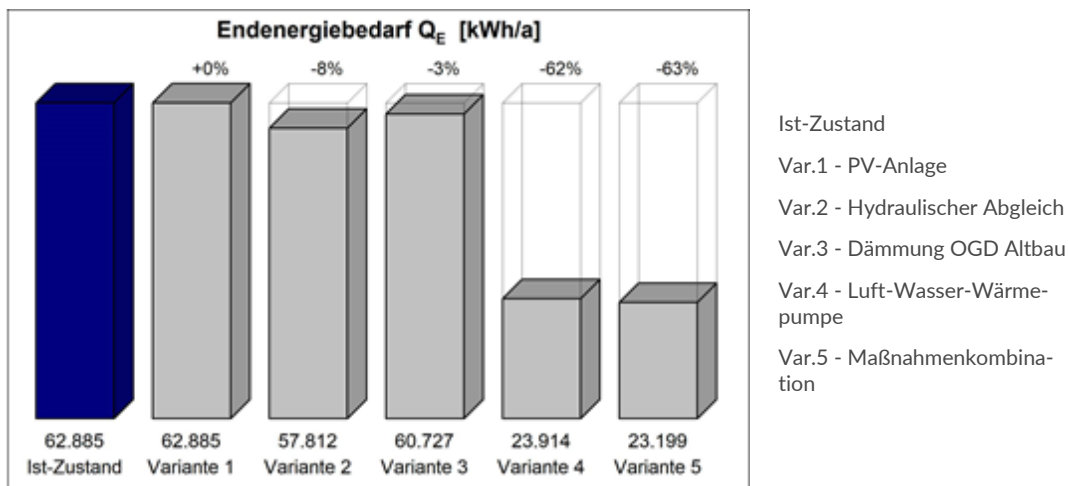


Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]

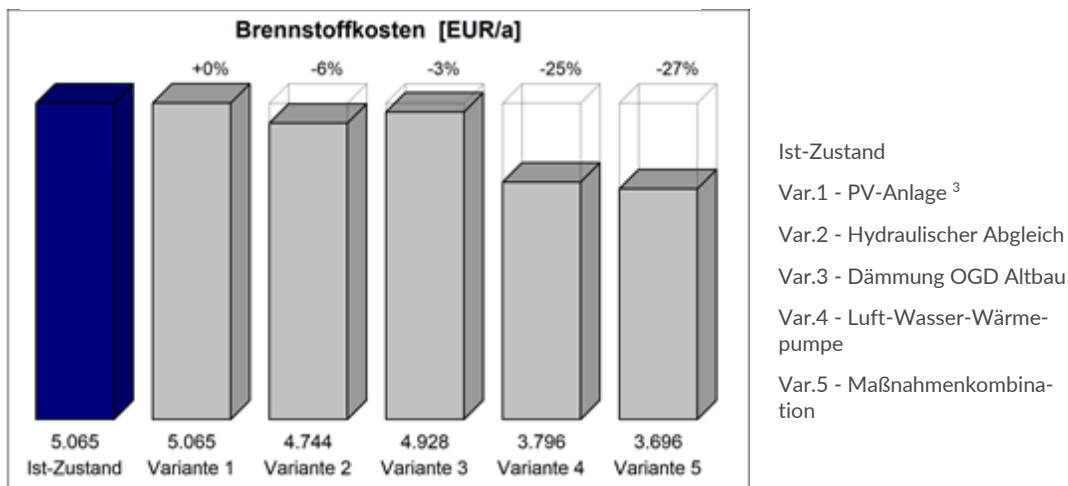


Abbildung 2 Energiekosten [€/a]

Hinweis: die Berechnung und die tatsächlichen Energieeinsparungen der Variante 1 – PV-Anlage wird in der Maßnahme beschrieben.

³ Brennstoffkosteneinsparung der PV-Anlage wurde nicht über DIN 18599 berechnet. Die tatsächlichen Einsparungen 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.

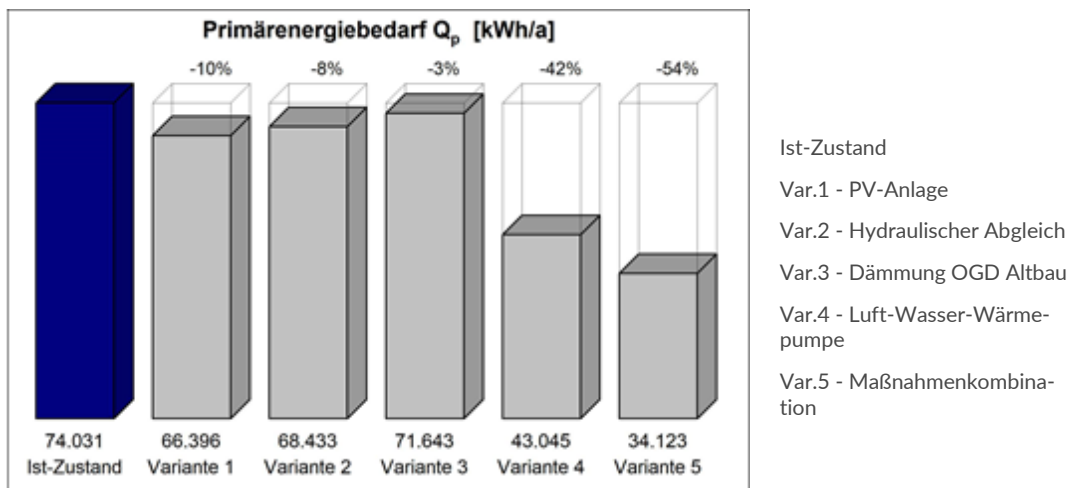


Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_p [kWh/a]

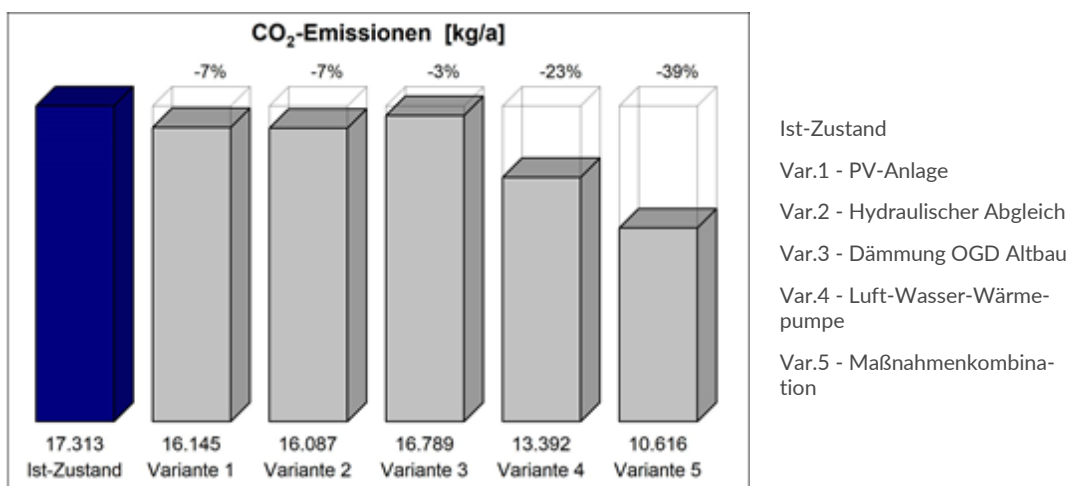


Abbildung 4 CO₂-Emissionen [kWh/a]

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: Hydraulischer Abgleich	1.226	1.450 ⁴	290 € 20 % BAFA - BEG EM - Heizungsoptimierung	5
Schritt 2: PV Anlage	1.168	25.560		6,7
Schritt 3: Luft-Wasser-Wärmepumpe	3.921	30.300	10.605 € 35 % BAFA - BEG EM - Heizungsanlagen	19
Schritt 4: OGD-Dämmung Altbau	524	8.372	1.674 € 20 % BAFA - BEG EM	-
Summe	6.839	65.682	12.279 €	-

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.

⁴ Für eine Förderung der BEG ist eine Investition von mindestens 2.000€ erforderlich. Daher sollte diese Maßnahme, um eine Förderung zu erhalten in einer Kombination mit einer anderen förderfähigen Maßnahme durchgeführt werden.

3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Schlichtwohnungen wurden im Jahr 2002 an der Straße Zum Boyendeich 1 in 25358 Horst (Holstein) errichtet (vgl. Abbildung 5). Im Jahr 2015 wurde das Gebäude durch einen Anbau erweitert.



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

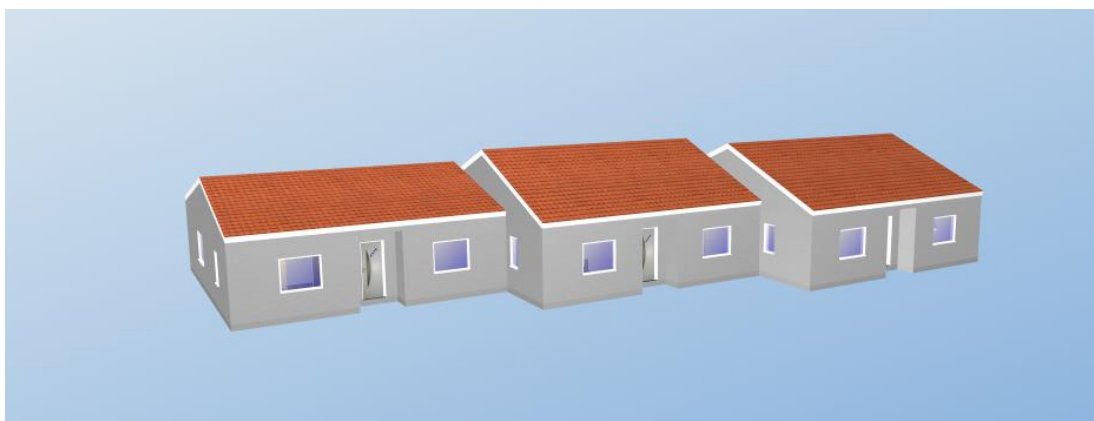


Abbildung 6 3D-Ansicht des untersuchten Gebäudes

Der Altbau wurde 2002 als KS-Mauerwerk mit einem Satteldach errichtet. Das Gebäude ist nicht unterkellert. Im Jahre 2015 wurde das Gebäude erweitert. Der Anbau wurde dem Altbau angepasst (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 7: Zuordnung der Räumlichkeiten nach beheizten und unbeheizten Flächen

Die Außenwände bestehen aus KS-Stein mit 12 cm Dämmung. Die Innenwände wurden aus Kalksandstein hergestellt. Das Dach besteht aus drei Satteldächern. Die Satteldächer haben eine Betonpfanne erhalten.

Im Jahr 2021 ist der mittlere Gebäudeteil von innen ausgebrannt. Im Zuge des Wiederaufbaus wurde ein Wärmedämmverbundsystem angebracht und die Fenster im mittleren und rechten Gebäudeteil (1. BA) ausgetauscht. Die Fenster des Anbaus sind aus dem Jahr 2016.

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

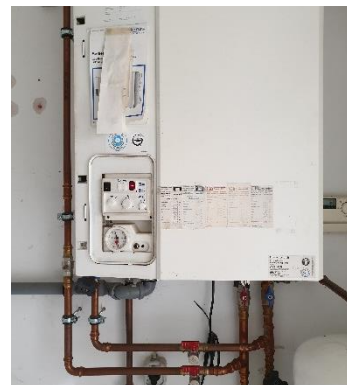
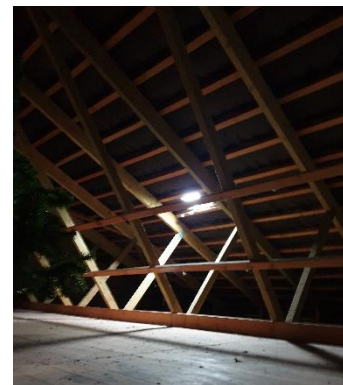
Die Beheizung erfolgt über einen Gas-Brennwertkessel im ersten Bauabschnitt, der den Anbau mitversorgt. Der Altbau sowie der Anbau verfügen jeweils über einen Stromzähler. Die Verkehrsflächen sind mit Verbundpflaster gepflastert.

Tabelle 2 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Schlichtwohnungen Zum Boyendeich 1
Gebäudetyp	Wohngebäude
Straße, Hausnr.	Zum Boyendeich 1
PLZ, Ort	25358 Horst (Holstein)
Baujahre	2002, 2015
Beheiztes Gebäudevolumen V	1.339 m ³
Energiebezugsfläche A _{EBF}	428 m ²
Thermische Hüllfläche	1.222 m ²
Mittlere Geschosshöhe	ca. 2,80 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 Literaturangabe⁵ 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 angegeben⁶. 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 ⁷	BEG-Förderung ⁸
Bodenplatte Altbau	0,52	0,30	0,25
Bodenplatte Altbau (2021)	0,36	0,30	0,25
Bodenplatte Anbau (2015)	0,40	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Decken nach unten gegen Erdreich</i>			

⁵ „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

⁶ 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)

⁷ 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.

⁸ 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/(m ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG	BEG-Förderung
Außenwand Altbau	0,35	0,24	0,20
Außenwand Altbau (2021)	0,20	0,24	0,20
Außenwand Anbau (2015)	0,24	0,24	0,20
Bauteilgruppe: Außenwände			
Oberste Geschossdecke Altbau	0,40	0,20	0,14
Oberste Geschossdecke Altbau (2021)	0,22	0,20	0,14
Oberste Geschossdecke Anbau (2015)	0,24	0,20	0,14
Bauteilgruppe: Dachflächen			
Fenster 2021	1,10	1,30	0,95
Fenster 2015	1,50	1,30	0,95
Bauteilgruppe: Fenster			
Außentür Altbau	3,50	1,80	1,30
Außentür Altbau (2021)	1,30	1,80	1,30
Außentür Anbau (2015)	1,30	1,80	1,30
Bauteilgruppe: Außentüren			

3.4 ANLAGENTECHNIK

3.4.1 Heizungsanlage

In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Gas-Brennwertkessel, welcher das Gebäude mit Wärme versorgt. Der alte Gas Kessel wurde gegen einen neuen Vaillant eco Text VC 30 Brennwertkessel getauscht. Ein hydraulischer Abgleich der gesamten Liegenschaft wurde nicht durchgeführt.

Erzeugung	Gas-Brennwertkessel Vaillant eco Tec VC 30 CS/1-5 Energieträger: Erdgas
Verteilung	Verteilung 1 kein hydraulischer Abgleich Leitungen gedämmt Umwälzpumpe geregelt
Übergabe	Übergabe an Zone ‚Sonstige Aufenthaltsräume‘ mit 100 % Übergabekomponente: ‚Heizkörper (freie Heizflächen)‘ Regelung: ‚P-Regler‘

3.4.2 Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral über elektrische Durchlauferhitzer und elektrische Kleinspeicher.

3.4.3 Beleuchtung

Im betrachteten Gebäude befinden sich diverse Leuchtentypen. Überwiegend kommen jedoch Leuchtstoffröhren mit einer Leistung P_{Lampe} bis zu 58 W (T5 und T8) und konventionellen Vorschaltgeräten [KVG] vor. Diese finden sich sowohl in den Aufenthaltsräumen, den WC-Räumen 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 CO_2 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 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die tatsächlichen Verbrauchsdaten von Strom und Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der Jahre 2019 und 2020 für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Die Verbrauchswerte wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

Tabelle 5 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

Jahr	Heizung (Gas)	Klimafaktor	witterungs- bereinigter Wärmeverbrauch	Strom	Gesamtenergieverbrauch	Wasser
	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m ³ /a]
2019	51.262	1,10	56.388	27.598	83.986	768
2020	81.896	1,13	92.542	46.383	138.925	876
Mittelwert:	66.579		74.465	36.991	111.456	822

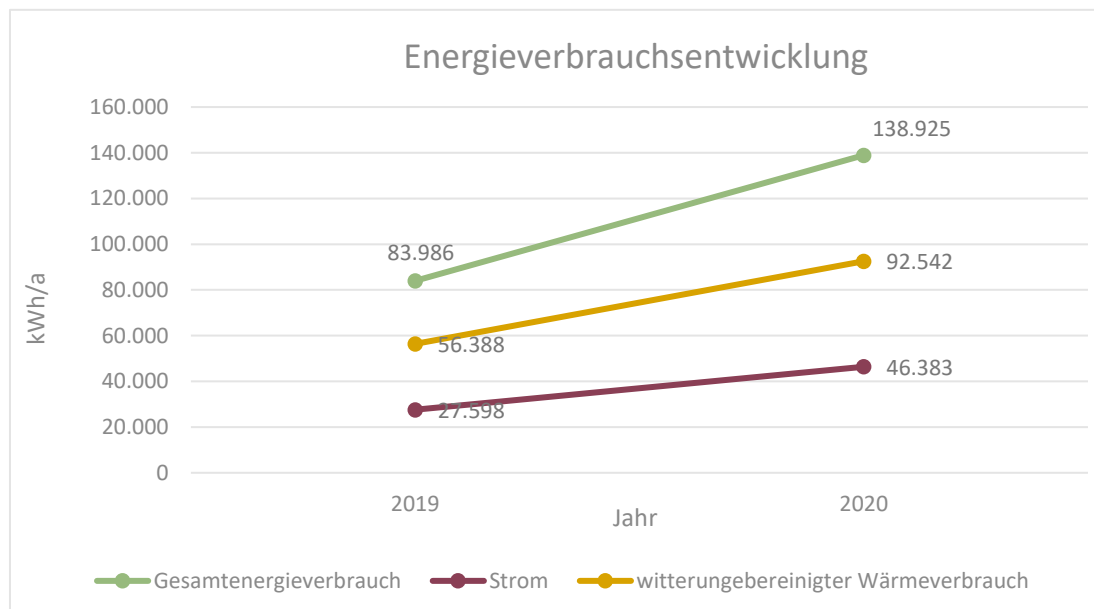


Abbildung 8 Energieverbrauchsentwicklung

3.5.2 Verbrauchskennwerte

Das Verfahren des Verbrauchskennwertvergleiches ermöglicht es, die spezifischen Verbrauchsdaten der Objekte mit Werten ähnlicher Referenzgebäude zu vergleichen. Dadurch

können Einspar- und Sanierungspotenziale identifiziert werden. Energieeffizienzmaßnahmen sind besonders dann sinnvoll und wirtschaftlich, wenn die eigenen Energieverbrauchskennwerte deutlich über den Grenzwerten liegen.

Für die Liegenschaften der Gemeinde wurde der Mittelwert aus den Strom- bzw. Gas-(witterungsbereinigt) und Wasserverbrauchsdaten der Jahre 2019 und 2020 gebildet und durch die Netto-Grundfläche von 428 m² dividiert. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.⁹

Tabelle 6 Energieverbrauchskennwerte

Gemeinschaftsunterkünfte	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m ² _{NGFa}] bzw. [dm ³ /m ² _{NGFa}]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	14	86	23
Wärme	81	174	105
Wasser	344	1921	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.

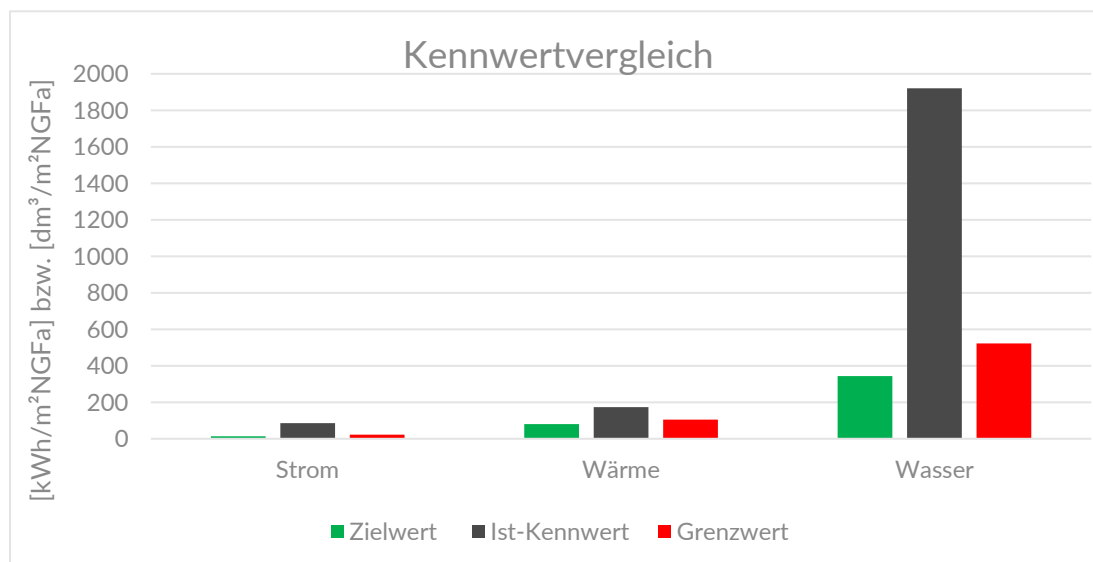


Abbildung 9 Energieverbrauchskennwerte

⁹ 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)

Der Bedarf an Warmwasser ist für diese Liegenschaft besonders hoch. Hier empfiehlt es sich eine Solarthermieanlage auf das Dach des Gebäudes zu setzen. Alternativ auch über Strom mit einer Photovoltaikdachanlage empfehlenswert. 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 GEMIS¹⁰ (Stand: 12.2020) bestimmt.

Tabelle 7 CO₂-Emissionen

Energieträger [-]	CO₂-Emissionsfaktor [kg/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO₂-Emissionen [kg/a]
Erdgas	0,201	66.579	13.382
Strom	0,427	36.991	15.795
Summe	-	103.570	29.177

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.

¹⁰ 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

Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Preis [€/kWh]
Erdgas (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 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

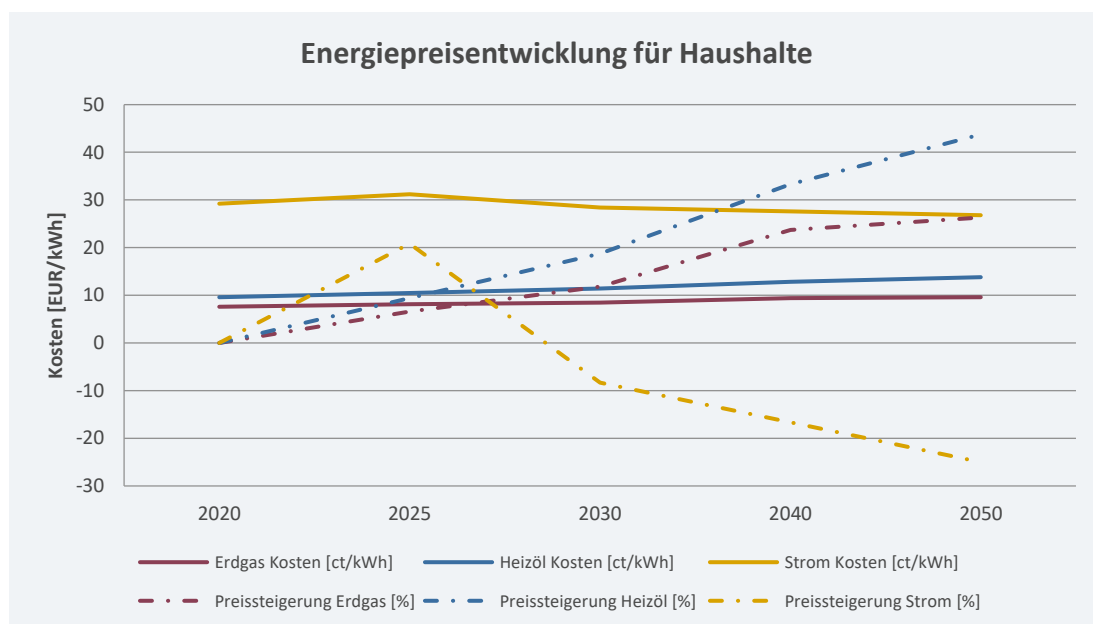


Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

Wirtschaft und Energie) in Auftrag gegebenen Studie zur „Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose“ ab ca. 2025.

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

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

3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

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

Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 20 % beaufschlagt und sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten enthalten. In den Investitionskosten sind auch die Kosten für Nebenarbeiten enthalten. 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 - PV-Anlage

Var.2 - Hydraulischer Abgleich

Var.3 - Dämmung OGD Altbau

Var.4 - Luft-Wasser-Wärmepumpe

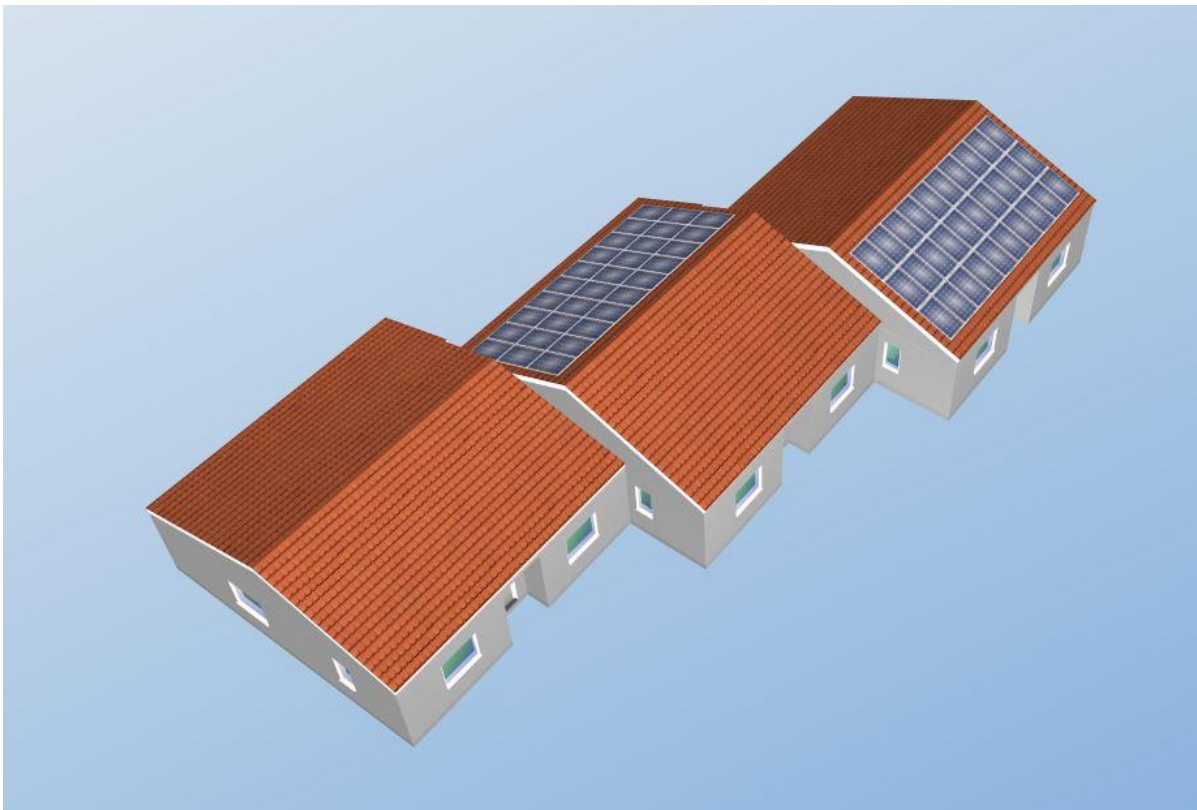
Var.5 - Maßnahmenkombination

4.2 SV 1: PV ANLAGE

In dieser Variante wird eine PV-Anlage mit einer Generatorleistung von 21,3 kWp installiert. Der Eigenstromverbrauchsanteil liegt bei 76,5 %. Auf die Verschattung der PV-Module durch die angrenzenden Bäume ist zu achten.

Der Stromverbrauch der Liegenschaft lag in den Jahren 2019 und 2020 im Mittel bei ca. 36.991 kWh jährlich. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Der Strombezugspreis liegt bei ca. 0,27 €/kWh.

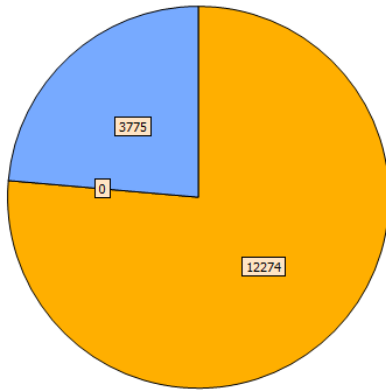
Voraussetzung ist, dass das Dach zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich). Es ist vorteilhaft, die PV-Module im Rahmen einer Dachsanierung auf das Dach anzubringen.



Dimensionierung	Jahresergebnisse	Eigenverbrauch
Bruttofläche: 107,4 m ²	Jahresertrag: 16049 kWh	Eigenverbrauchsanteil: 76,5 %
Nennleistung: 21,3 kWp	Spezifischer Ertrag: 753,5 kWh/kWp/a	Selbstversorgungsanteil: 33,2 %
	Performance Ratio: 82,6 %	

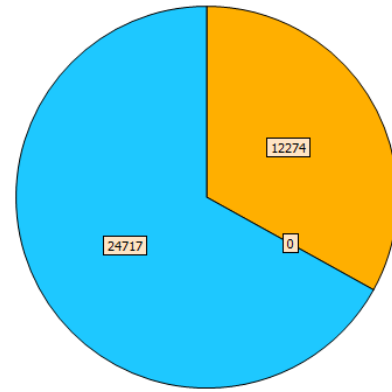
Übersicht Diagramme Tabelle

Verbrauch des PV-Stroms



■ Eigenverbrauch direkt 12274 kWh/a ■ Batterieladung 0 kWh/a ■ Netzeinspeisung 3775 kWh/a

Strombedarfsdeckung

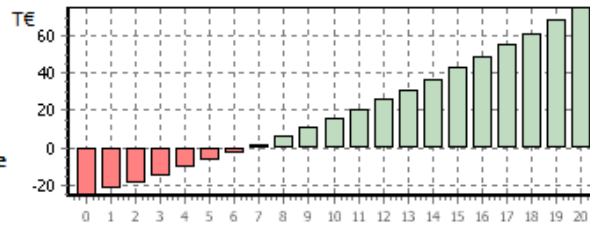


■ PV direkt 12274 kWh/a ■ Batterieentlad. 0 kWh/a ■ Netzbezug 24717 kWh/a

Amortisation

Investitionssumme 25560,00 €

Amortisationszeit 6,67 Jahre



Gewinnberechnung (nach Annuitäten-, Kapitalwert- und Endwertmethode)

	Annuitäten [€/Jahr]	Kapitalwerte [€]	Endwerte [€]
Verbrauch/Energie	4.541,49	81.953,75	99.999,15
+ Vergütungen	264,25	4.768,54	5.818,52
+ Sonstige Ausgaben			
+ Betrieb/Wartung			
+ Mieten			
+ Zuschüsse			
+ Sonstige Einnahmen			
- Kapitalkosten	1.416,42	25.560,00	31.188,06
= Gewinn	3.389,33	61.162,29	74.629,62

Rendite

Interner Zinssatz 15,9% p.a.

4.3 SV 2: HYDRAULISCHER ABGLEICH

In dieser Variante soll ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Ein hydraulischer Abgleich sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Wärme im Gebäude und reduziert dabei den Energieverbrauch.

BEG EM - Heizungsoptimierung	
Info	Gefördert werden Maßnahmen am Heizungsverteilsystem in Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes beitragen (Voraussetzung ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs).
Förderquote	20 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 300 € (Brutto)
Förderkreditbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **290 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 2 -

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.

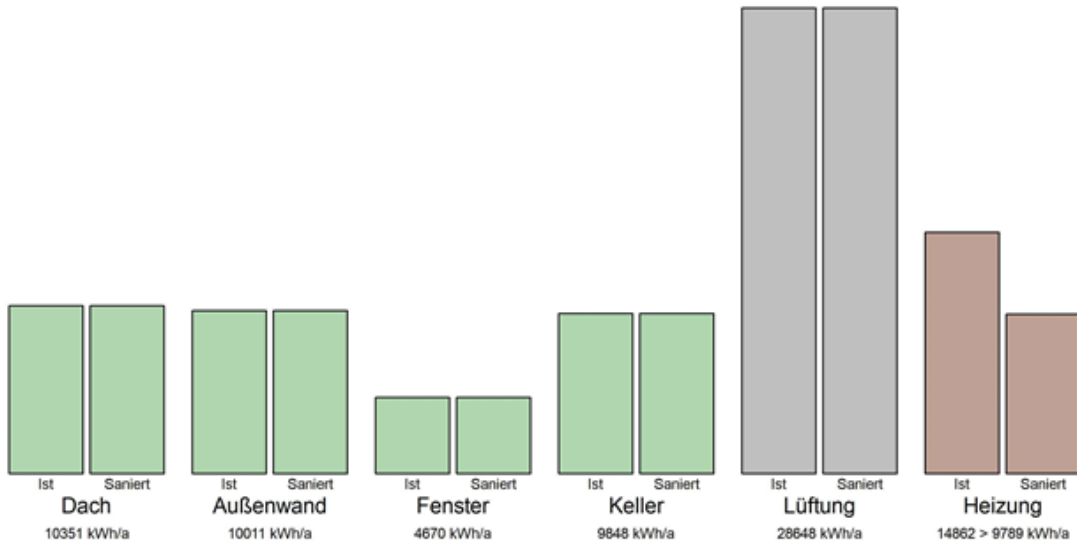


Abbildung 11 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 62.885 kWh/Jahr reduziert sich auf 57.812 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5.073 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.226 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 **160 kWh/m²** pro Jahr.

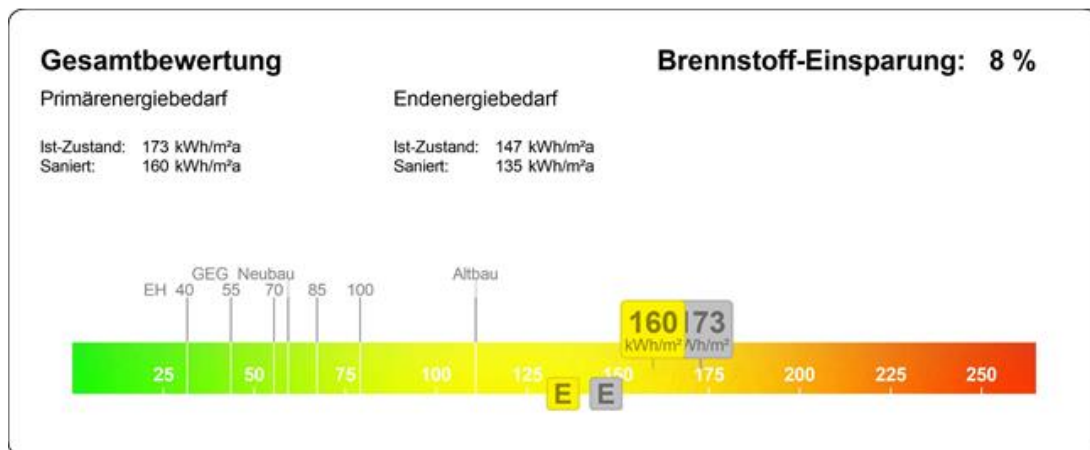


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	1.450 EUR
Mögliche Fördermittel	290 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	1.450 EUR

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

Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	109	1.635
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	6.515	97.725
Summe	6.624	99.360
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	6.956	104.340
Einsparung	332	4.980

Die Amortisationsdauer beträgt **5 Jahre**.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	15	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	5.065	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	4.744	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	25,66	%

4.4 SV 3: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE ALTBAU

Die oberste Geschossdecke des Altbaus (mittlere Gebäudeteil) wird entsprechend den Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gedämmt. Hierfür wird eine Dämmung von oben mit einer Dämmmaterialstärke von 16 cm mit einem Lambda-Wert von 0,035 W/mK aufgebracht. Dadurch wird ein U-Wert von 0,14 W/m²K erreicht, wodurch Fördermittel bei der Bafa beantragt werden können.

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 **1.674 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 3 -

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

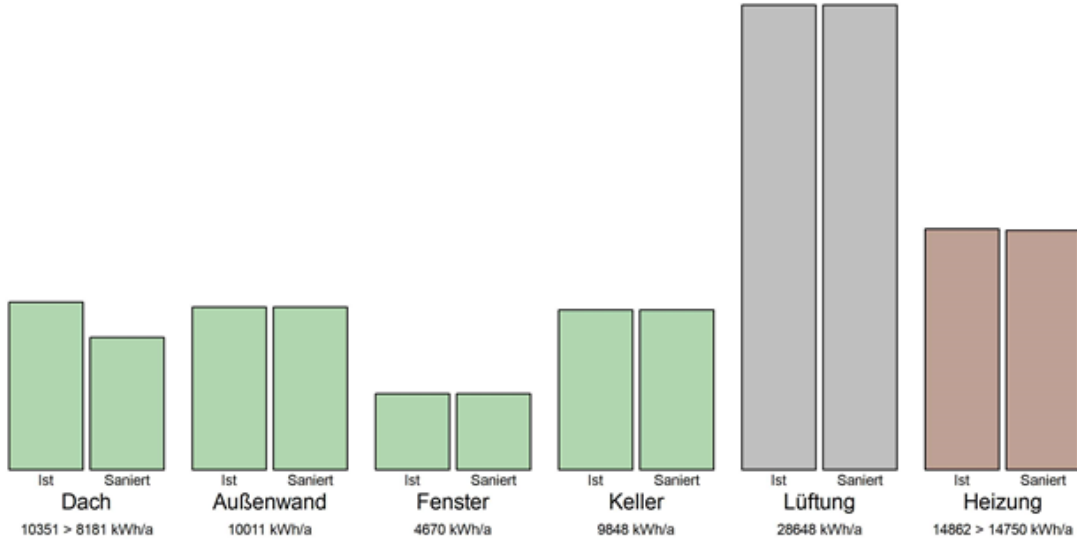


Abbildung 13 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 62.885 kWh/Jahr reduziert sich auf 60.727 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2.158 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 524 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 **167 kWh/m²** pro Jahr.

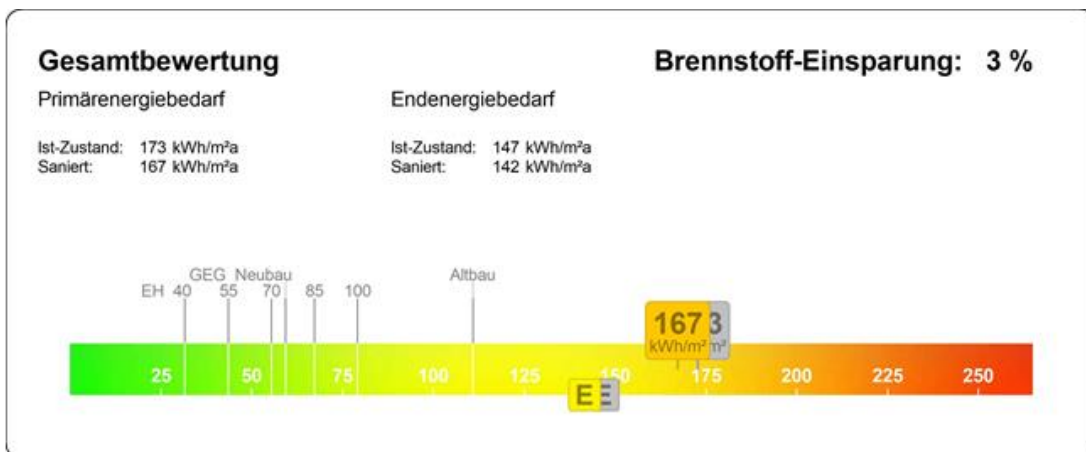


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	8.372 EUR
Mögliche Fördermittel	1.674 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	8.372 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	349	10.470
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	9.175	275.250
Summe	9.524	285.720
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	9.432	282.960
Einsparung	-92	-2.760

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	5.065	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	4.928	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.5 SV 4: LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE

Der vorhandene Gas-Brennwertkessel könnte gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit elektrischen Heizstäben 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 Strangreguliertventile eingebaut. Mittels der Heizkörper- und Strangreguliertventile 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 Strangreguliertventilen
- ▶ 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 Wärmezeugung 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 **10.605 €** gewährt werden!

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.

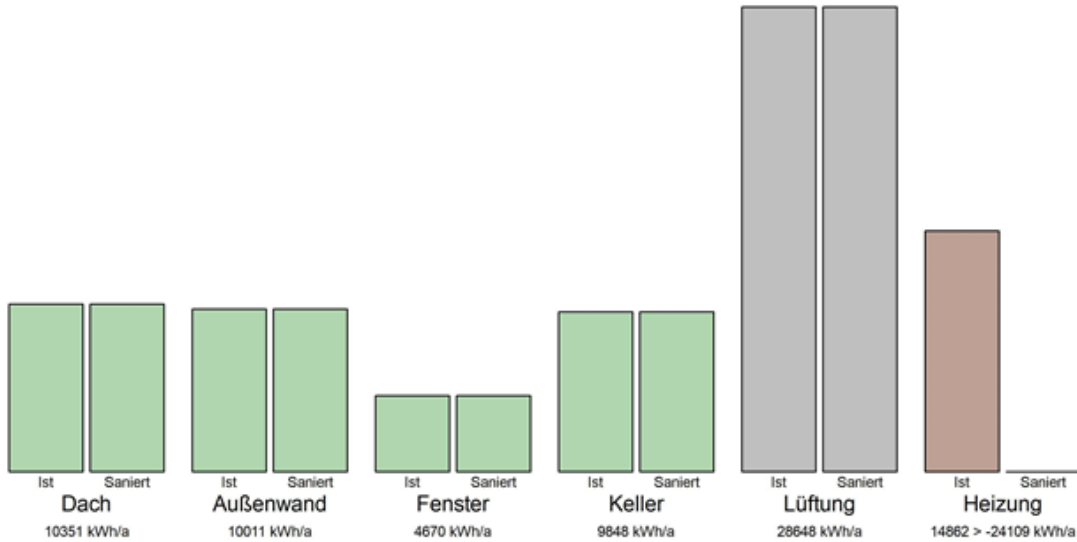


Abbildung 15 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 62.885 kWh/Jahr reduziert sich auf 23.914 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 38.971 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.921 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 **100 kWh/m²** pro Jahr.

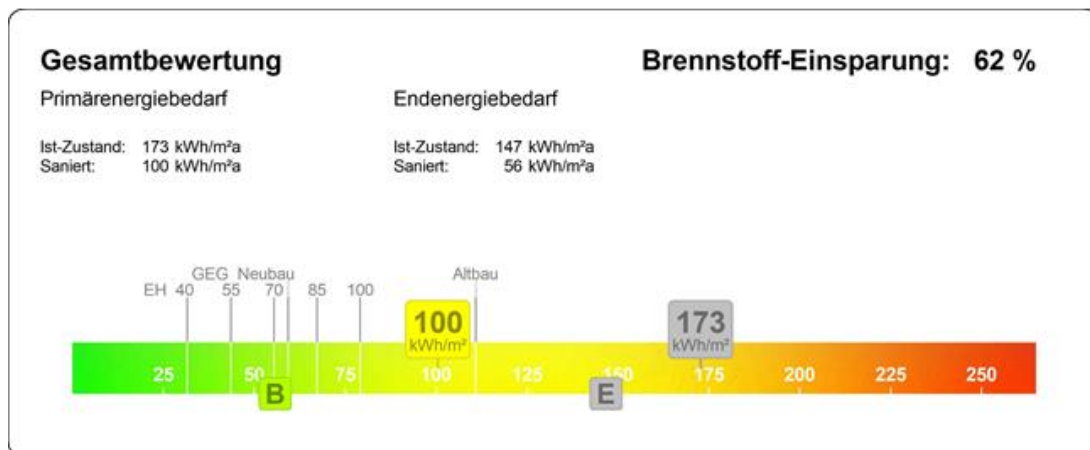


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	30.300 EUR
Mögliche Fördermittel	10.605 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	30.300 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	1.262	37.860
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	7.069	212.070
Summe	8.331	249.930
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	9.432	282.960
Einsparung	1.101	33.030

Die Amortisationsdauer beträgt 19 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	20	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	5.065	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.796	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff im Ist-Zustand	4,00	%
Interner Zinsfuß	5,60	%

4.6 SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - PV-Anlage

Var.2 - Hydraulischer Abgleich

Var.3 - Dämmung OGD Altbau

Var.4 - Luft-Wasser-Wärmepumpe

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 54 % und die CO₂-Emissionen um ca. 39 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **63 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

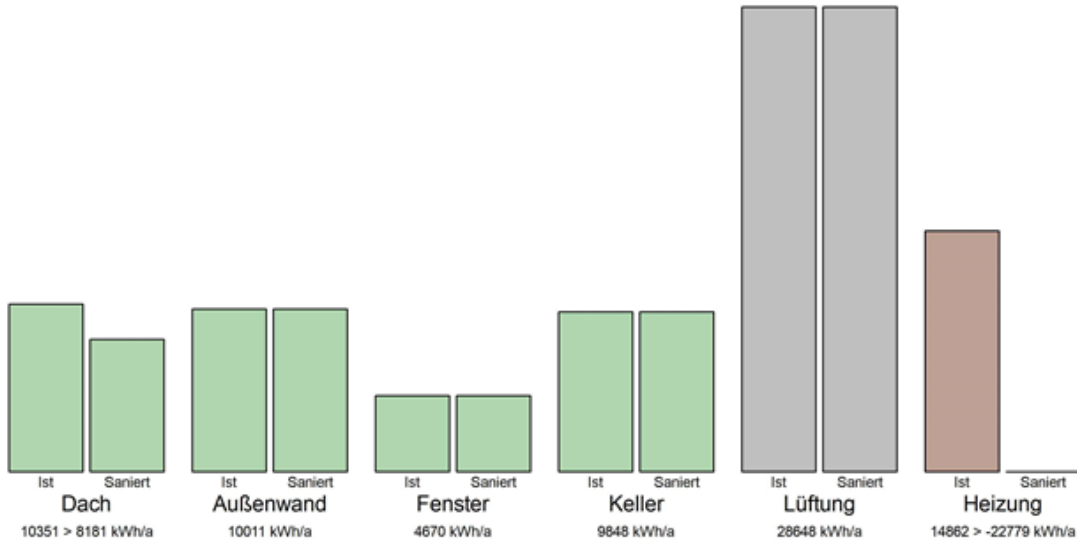


Abbildung 17 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 62.885 kWh/Jahr reduziert sich auf 23.199 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 39.686 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 6.697 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 **80 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	64.232 EUR
Mögliche Fördermittel (aus den Einzelmaßnahmen)	9.593 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	64.232 EUR

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

Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	2.675	80.250
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	6.882	206.460
Summe	9.557	286.710
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	9.432	282.960
Einsparung	-125	-3.750

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	5.065	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	3.696	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	%
Interner Zinsfuß	1,22	%

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 4 vorgeschlagen. Das größte Einsparpotenzial ist in der Erzeugung von Strom und Wärme aufzufinden. Hier kann eine Photovoltaik Anlage Abhilfe schaffen. Eine weitere Möglichkeit wäre der Austausch der Heizungsanlage gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. In Kombination mit der PV-Anlage ist dies die umweltfreundlichste Möglichkeit Wärme zu erzeugen. Aufgrund des Vergleichs der Ist Energiekennwerte sollte ebenfalls die Warmwasserbereitung im ersten Schritt energetisch ertüchtigt werden.

Durch eine Kombination der vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 63 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 39 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele wird der Austausch der Heizungsanlage gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe empfohlen.

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 Energie-sparverordnung.

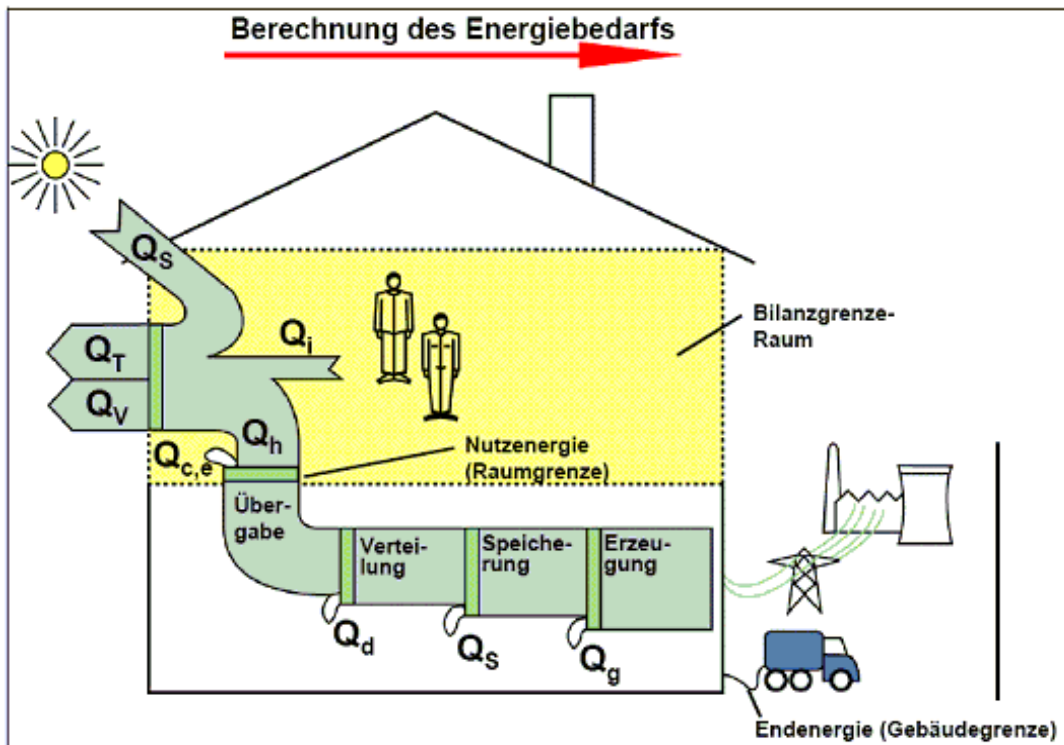


Abbildung 19 Berechnung des Energiebedarfs

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.