



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

**FÜR DIE „BERUFSBILDENDEN SCHULEN AM MUSEUMSDORF“
- AUßENSTELLE LÖNINGEN**

Auftraggeber

Landkreis Cloppenburg
Eschstraße 29
49661 Cloppenburg

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Ansprechpartner: Christof Kattenbeck

Greven, den 04. April 2023



ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	6
1 Einleitung	8
2 Zusammenfassung	9
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	9
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	12
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	14
3 Ausgangssituation.....	15
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES	15
3.2 FOTODOKUMENTATION	17
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	18
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	22
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	22
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	23
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	24
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	25
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	26
3.7.1 Heizungsanlage.....	26
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	26
3.7.3 Beleuchtung	26
3.7.4 Lüftungstechnik.....	26
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	27
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	27
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	28
3.8.3 Energiekosten	31
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	32
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	33
4 Sanierungsvarianten	34

4.1	ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	34
4.2	SV 1: HEIZUNGSOPTIMIERUNG	34
4.3	SV 2: KELLERDECKENDÄMMUNG.....	38
4.4	SV 3: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE	41
4.5	SV 4: PV-ANLAGE	45
4.6	SV 5: FENSTER- UND AUßENTÜRENTAUSCH	49
4.7	SV 6: LED-BELEUCHTUNG	53
4.8	SV 7: FLACHDACHDÄMMUNG	57
4.9	SV 8: AUßENWANDDÄMMUNG	61
4.10	SV 9: MAßNAHMENKOMBINATION	65
4.11	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG	69
5	Fazit	71
6	Anhang	72
A.1	GLOSSAR	72

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan.....	15
Abbildung 2 Außenansicht, Blickrichtung Westen	17
Abbildung 3 Außenansicht, Blickrichtung Osten.....	17
Abbildung 4 Dachgeschoss nicht ausgebaut, OGD gedämmt	17
Abbildung 5 Eingangshalle	17
Abbildung 6 Gruppenraum	17
Abbildung 7 Flur.....	17
Abbildung 8 Verwaltungstrakt	17
Abbildung 9 Keller nördlicher Bauteil.....	17
Abbildung 10 Elektro-Warmwasserspeicher	17
Abbildung 11 Wärmeübergabe- station.....	17
Abbildung 12 Gasheizung mit Brennwertkessel.....	17
Abbildung 13 Heizungspumpe	17
Abbildung 14 3D-Ansicht der BBS am Museumsdorf – Außenstelle Lönigen (Simulation)...	18
Abbildung 15 3D-Ansicht der BBS am Museumsdorf – Außenstelle Lönigen, zониert (Simulation).....	18
Abbildung 16 Nutzungszonen nach DIN V 18599	19
Abbildung 17 Grundriss Erdgeschoss, zониert	20
Abbildung 18 Grundriss Kellergeschoss, zониert.....	20
Abbildung 19 Grundriss Dachgeschoss, zониert	21
Abbildung 20 Grundriss Obergeschoss, zониert	21
Abbildung 21 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	23
Abbildung 22 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	24
Abbildung 23 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste.....	29
Abbildung 24 Energiebilanz des Gebäudes	29
Abbildung 25 Gesamtbewertung des Gebäudes.....	30
Abbildung 26 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes	30
Abbildung 27 Heizungsanlage.....	35
Abbildung 28 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1	36
Abbildung 29 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	36
Abbildung 30 Kellerdecke ungedämmt	38
Abbildung 31 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2	39
Abbildung 32 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	39
Abbildung 33 Kellerdecke ungedämmt	41

Abbildung 34 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3	42
Abbildung 35 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	43
Abbildung 36 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage	45
Abbildung 37 Deckung des Gesamtverbrauchs	47
Abbildung 38 Zweifach verglastes Fenster mit Holzrahmen	49
Abbildung 39 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5	50
Abbildung 40 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	51
Abbildung 41 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6	55
Abbildung 42 Flachdach Eingangshalle	57
Abbildung 43 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 7	58
Abbildung 44 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7	59
Abbildung 45 Außenansicht	61
Abbildung 46 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 8	62
Abbildung 47 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8	63
Abbildung 48 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 9	66
Abbildung 49 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 9	66
Abbildung 50 Primärenergie.....	73

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	16
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung	19
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	22
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	23
Tabelle 5 Gebäudekennwerte	25
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599	27
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung	28
Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste	28
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger	31
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (Stand: 17.08.2022).....	31
Tabelle 11 Bezugskosten Fernwärme Standard-Werte ETU-Planer)	32
Tabelle 12 Globale Daten zur Ökonomie.....	32
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	37
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1	37
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	40
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 2	40
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	43
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 3	43
Tabelle 19 PV-Anlage	46
Tabelle 20 Verbraucher	46
Tabelle 21 Batteriesystem	46
Tabelle 22 Autarkiegrad	47
Tabelle 23 Zahlungsübersicht	47
Tabelle 24 Vergütung und Einspeisung.....	48
Tabelle 25 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	51
Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 5	51
Tabelle 27 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6	55
Tabelle 28 Einsparpotenzial, SV 6	55
Tabelle 29 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7	59
Tabelle 30 Einsparpotenzial, SV 7	59
Tabelle 31 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8	63
Tabelle 32 Einsparpotenzial, SV 8	63
Tabelle 33 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9	67

Tabelle 34 Einsparpotenzial, SV 9	67
Tabelle 35 Kostenannahmen Preisbremse	68
Tabelle 36 Einsparpotenzial, SV 9 mit Preisbremse.....	68
Tabelle 37 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9	69

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für Außenstelle der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf in Löningen wurde im Rahmen der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme, Modul 2: Energieberatung DIN V 18599 nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz für den Landkreis Cloppenburg erstellt.

Hierzu erfolgte eine Datenerhebung am Bestandsgebäude vor Ort und nach Plan. Die Bedarfsberechnung wurde in Anlehnung an die DIN V 18599 im Mehr-Zonen-Modell vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Ziel der Sanierungskonzeption sind sinnvolle Einzelmaßnahmen bzw. eine umfassende Sanierung zu einem Effizienzgebäude (EG). Die Kreisverwaltung Cloppenburg strebt an, bis zum Jahr 2035 treibhausgasneutral zu werden.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Die Grundlagen der jeweiligen Kostenangaben sind den einzelnen Sanierungsvarianten zu entnehmen. 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 „ETU-Planer“ der Version 4.2.1.22(22) der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG¹ durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

¹ <https://www.hottgenroth.de>

2 ZUSAMMENFASSUNG

2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

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

Ist-Zustand

Var.1 - Heizungsoptimierung

Var.2 - Kellerdeckendämmung

Var.3 - Dämmung Oberste Geschossdecke

Var.4 - PV-Anlage

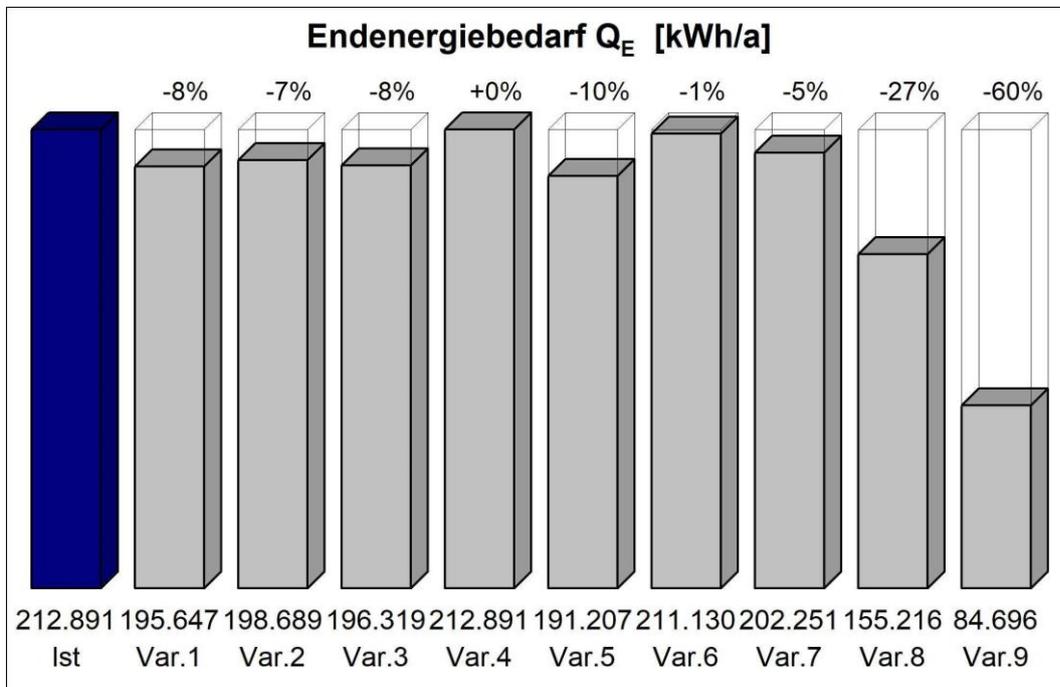
Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - LED-Beleuchtung

Var.7 - Flachdachdämmung

Var.8 - Außenwanddämmung

Var.9 - Maßnahmenkombination



Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt.

Ist-Zustand

Var.1 - Heizungsoptimierung

Var.2 - Kellerdeckendämmung

Var.3 - Dämmung Oberste Geschosdecke

Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

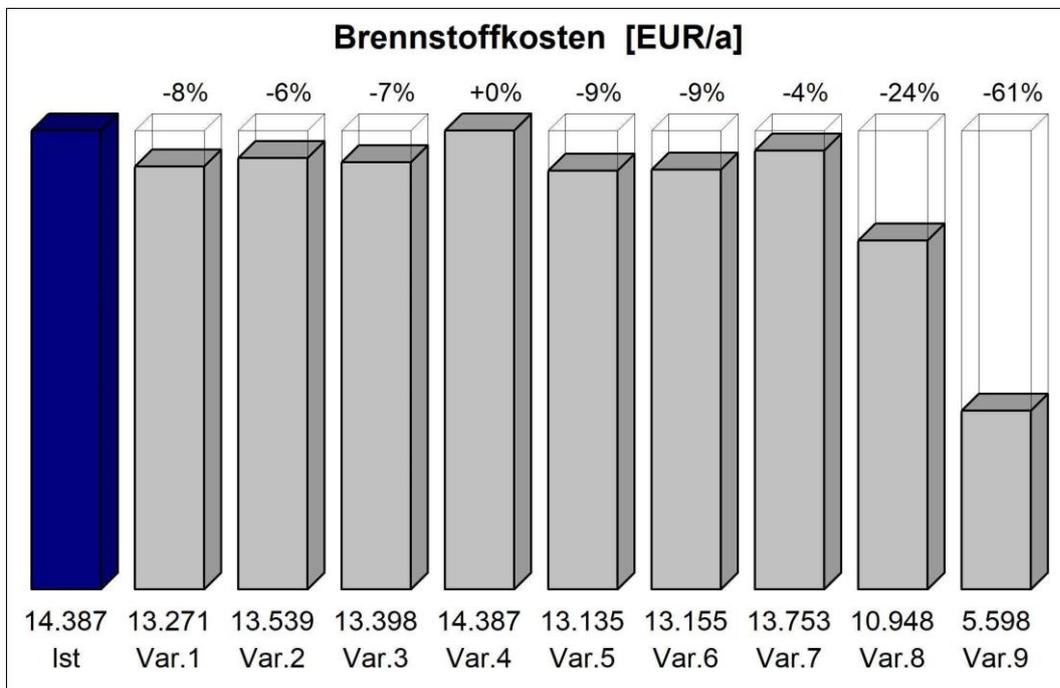
Var.6 - LED-Beleuchtung

Var.7 - Flachdachdämmung

Var.8 - Außenwanddämmung

Var.9 - Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



Ist-Zustand

Var.1 - Heizungsoptimierung

Var.2 - Kellerdeckendämmung

Var.3 - Dämmung Oberste Geschosdecke

Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

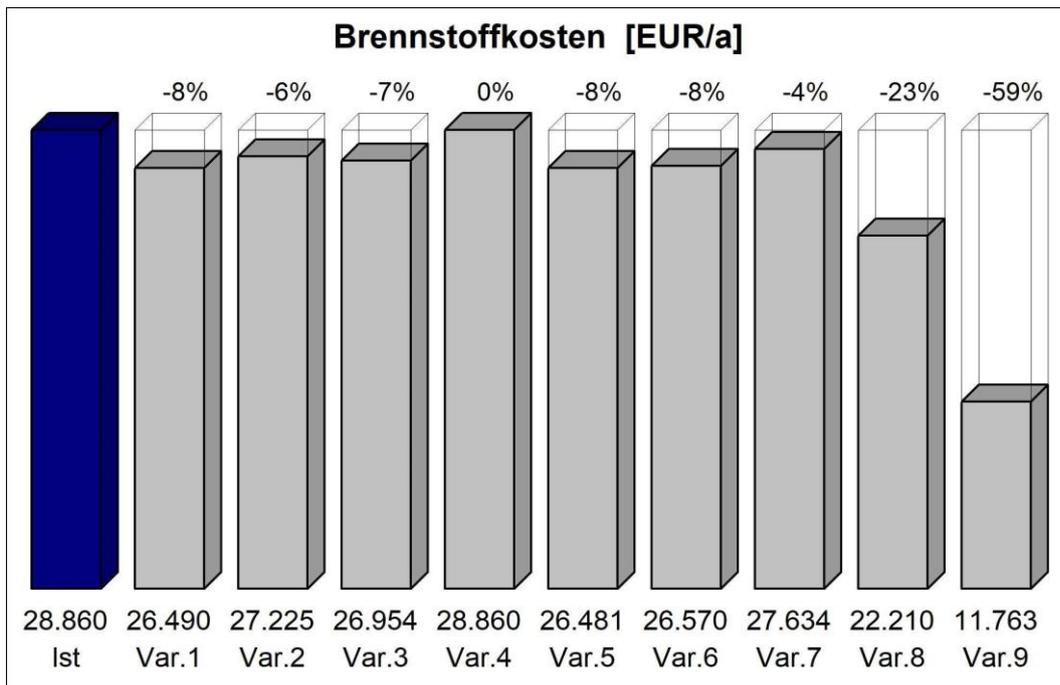
Var.6 - LED-Beleuchtung

Var.7 - Flachdachdämmung

Var.8 - Außenwanddämmung

Var.9 - Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach neuen Preisen:



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.

Ist-Zustand

Var.1 - Heizungsoptimierung

Var.2 - Kellerdeckendämmung

Var.3 - Dämmung Oberste Geschosdecke

Var.4 - PV-Anlage

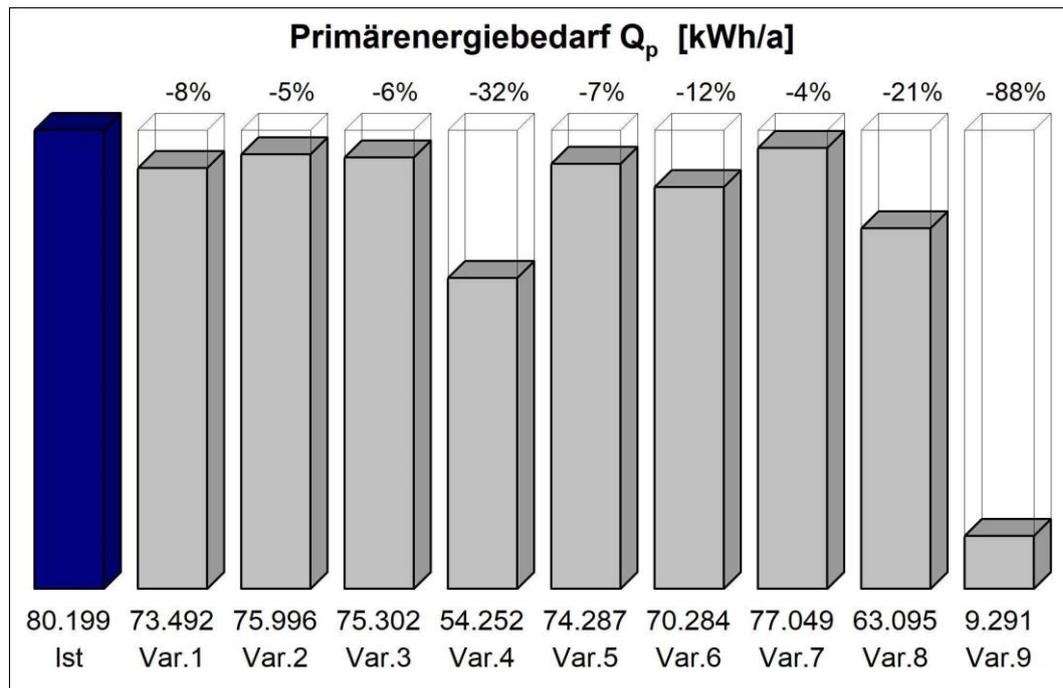
Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - LED-Beleuchtung

Var.7 - Flachdachdämmung

Var.8 - Außenwanddämmung

Var.9 - Maßnahmenkombination



Die CO₂-Emissionen werden mithilfe der Emissionsfaktoren aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) Anlage 9 bzw. den vom Landkreis Cloppenburg angegebenen Emissionsfaktoren berechnet. Die Emissionsfaktoren werden dabei mit dem heizwertbezogenen Endenergiebedarf multipliziert. Der berechnete, auf den Brennwert (bei fossilen Energieträgern) bezogene Endenergiebedarf muss hierfür zunächst auf den Heizwert umgerechnet werden.

Ist-Zustand

Var.1 - Heizungsoptimierung

Var.2 - Kellerdeckendämmung

Var.3 - Dämmung Oberste Geschossdecke

Var.4 - PV-Anlage

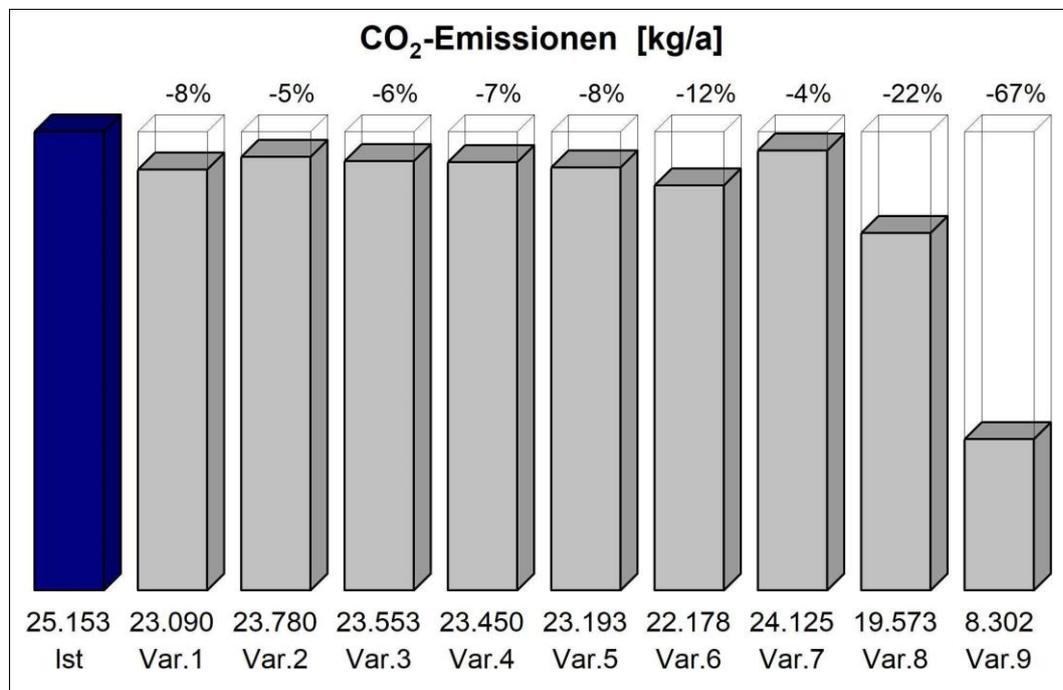
Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - LED-Beleuchtung

Var.7 - Flachdachdämmung

Var.8 - Außenwanddämmung

Var.9 - Maßnahmenkombination



2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt. Weiterhin werden die energiebedingten Mehrkosten, d. h. die Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen sowie die mittlere Kostensparung pro Jahr dargestellt. In den Kapiteln der jeweiligen Sanierungsvarianten werden die betrachteten Leistungen und Kosten genauer aufgeführt.

Ist-Zustand

Var.1 - Heizungsoptimierung

Var.2 - Kellerdeckendämmung

Var.3 - Dämmung Oberste Geschosdecke

Var.4 - PV-Anlage

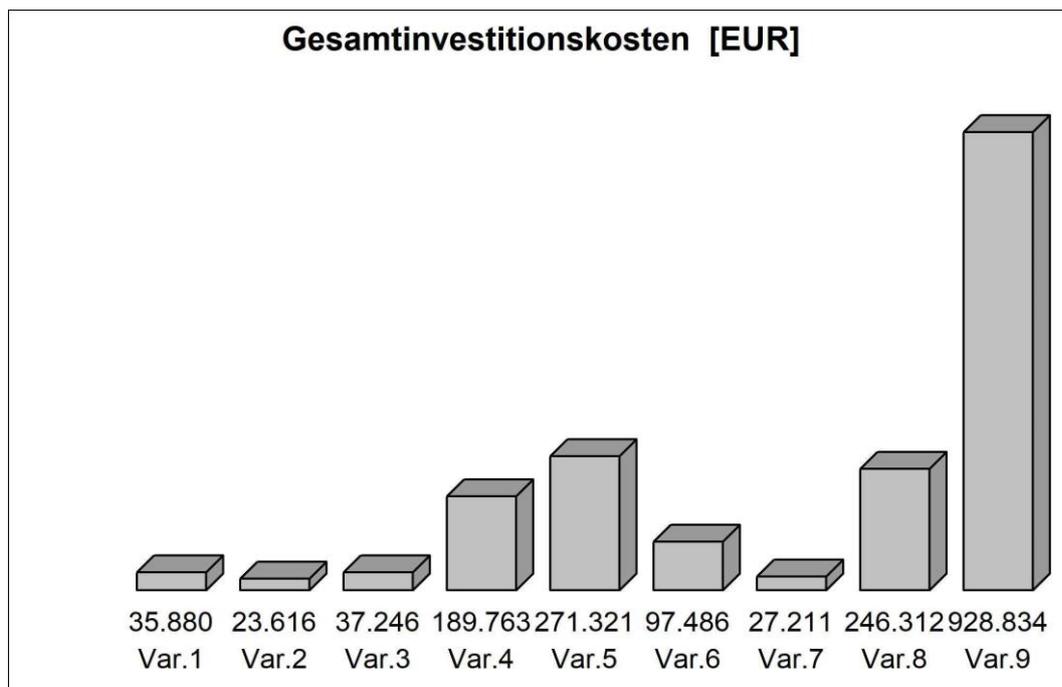
Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - LED-Beleuchtung

Var.7 - Flachdachdämmung

Var.8 - Außenwanddämmung

Var.9 - Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Außenstelle der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf befindet sich im Weldemannsweg 2 in 49624 Lönigen (vgl. Abbildung 1). Sie besteht aus drei Bauteilen und wurde im Jahr 1958 errichtet. Der nördliche Bauteil, in dem Klassenräume und die Verwaltung untergebracht ist, ist eingeschossig und vollunterkellert. Der südliche Bauteil ist zweigeschossig und teilunterkellert. Beide Bauteile werden durch die eingeschossige Eingangshalle verbunden.



Abbildung 1 Lageplan

NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 01.12.2022)

Entsprechend der Baujahre und des äußeren Erscheinungsbildes der Schule wird angenommen, dass die Außenwände aus einem zweischaligen Mauerwerk mit verklinkerter Fassade bestehen. Das Gebäude verfügt überwiegend über Satteldächer. Die die Eingangshalle hat ein Flachdach.

Die Dachgeschosse sind nicht ausgebaut und unbeheizt. Nur ca. die Hälfte der obersten Geschossdecke des südlichen Bauteils ist mit einer Wärmedämmung in einer Stärke von ca. 17 cm belegt.

In der Schule sind zweifach verglaste Fenster mit Holzrahmen aus den 1990er Jahren und teilweise aus dem Jahr 2001 vorhanden. Bei den Außentüren handelt es sich um Holztüren mit einer zweifach Verglasung aus dem Jahr 1994.

Es sind stabförmige Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten vorhanden.

Die Schule wird seit 2011 zu ca. 80 % mit regenerativer Fernwärme (aus einer naheliegenden Biogasanlage) mit einer Leistung von 190 kW versorgt. Ergänzend ist ein Gas-Brennwertheizung mit einer Leistung von 240 kW (Buderus Logano plus GB312) vorhanden, welcher im Jahr

2006 eingebaut wurde. Die Warmwasserversorgung erfolgt über elektrisch betriebene Warmwasserspeicher, welche sich direkt an den Abnahmestellen (z. B. Teeküche) befinden.

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	1.1.13 BBS am Museumsdorf – Außenstelle Lönigen	
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude	
Straße, Hausnr.	Weldemannsweg 2	
PLZ, Ort	49624 Lönigen	
Baujahr	1958	
Nutzung	Berufsbildende Schule	
Vollgeschosse	1 (nördlicher Bauteil) 2 (südlicher Bauteil)	
Beheiztes Gebäudevolumen V		5.353,33 m ³
Nettogrundfläche A _{NGF}		1.390,63 m ²
Thermische Hüllfläche		3.190,72 m ²
Geschosshöhe	2,00 m – 2,10 m (Kellergeschoss) 2,75 m (Verwaltungstrakt Erdgeschoss) 3,10 m (Erdgeschoss und Obergeschoss)	

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen. Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Landkreises Cloppenburg.

3.2 FOTODOKUMENTATION

Die folgende Abbildung 2 bis Abbildung 13 geben einen Eindruck von dem betrachteten Schulgebäude.



Abbildung 2 Außenansicht, Blickrichtung Westen



Abbildung 3 Außenansicht, Blickrichtung Osten



Abbildung 4 Dachgeschoss nicht ausgebaut, OGD gedämmt



Abbildung 5 Eingangshalle



Abbildung 6 Gruppenraum



Abbildung 7 Flur



Abbildung 8 Verwaltungstrakt



Abbildung 9 Keller nördlicher Bauteil



Abbildung 10 Elektro-Warmwasserspeicher



Abbildung 11 Wärmeübergabestation



Abbildung 12 Gasheizung mit Brennwertkessel



Abbildung 13 Heizungspumpe

3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

Die folgende Abbildung 14 zeigt das simulierte Gebäude in einer 3D-Ansicht. In Abbildung 15 ist zudem die Zonierung des Gebäudes sichtbar, welche für die Erstellung der Energiebilanz nach DIN V 18599 gewählt wurde.



Abbildung 14 3D-Ansicht der BBS am Museumsdorf – Außenstelle Löningen (Simulation)



Abbildung 15 3D-Ansicht der BBS am Museumsdorf – Außenstelle Löningen, zoniert (Simulation)

Die gewählten Nutzungsprofile sowie die Art der Konditionierung und die Größe der einzelnen Zonen können der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Konditionierung			Größe [m ²]	Anteilige Größe der Zone [%]
	Nutzungsprofil Nr.	Thermische Konditionierung	Beleuchtung		
Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	8	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	819	58,8
Sonstige Aufenthaltsräume	17	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	111	8,0
Verkehrsfläche	19	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	334	24,0
Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	18	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	75	5,4
WC und Sanitärräume in NWG	16	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	53	3,8
Summe				1.392	100
unbeheizt				1.325	

Die Zonierung im Grundriss sowie die Legende, der die Farbgebung der Zonen zu entnehmen ist, sind in den Abbildungen Abbildung 16 bis Abbildung 19 dargestellt.

Zonen nach DIN V 18599

■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
■	unbeheizt
■	Sonstige Aufenthaltsräume
■	Verkehrsfläche
■	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

Abbildung 16 Nutzungszonen nach DIN V 18599

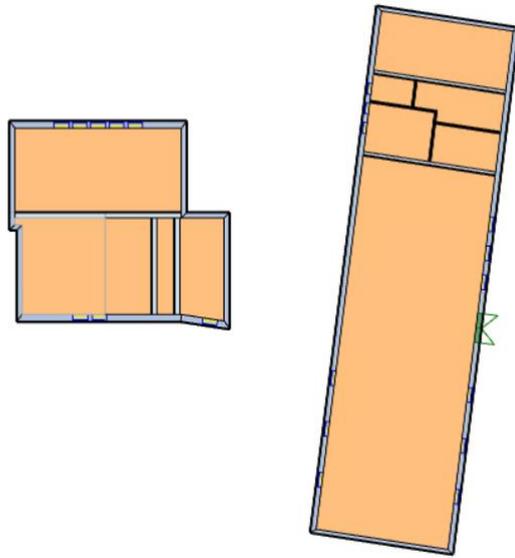


Abbildung 18 Grundriss Kellergeschoss, zonierte

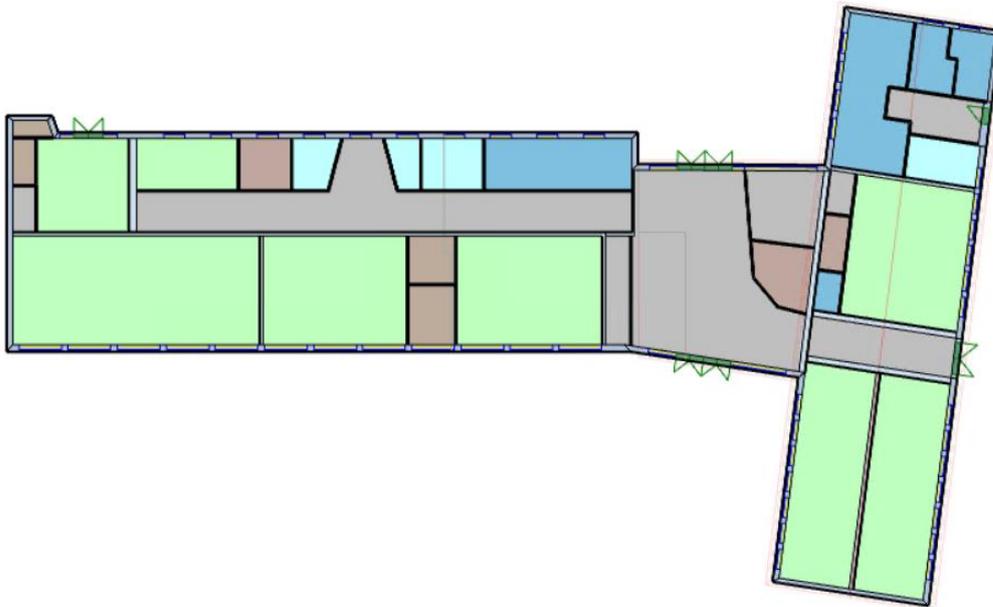


Abbildung 17 Grundriss Erdgeschoss, zonierte

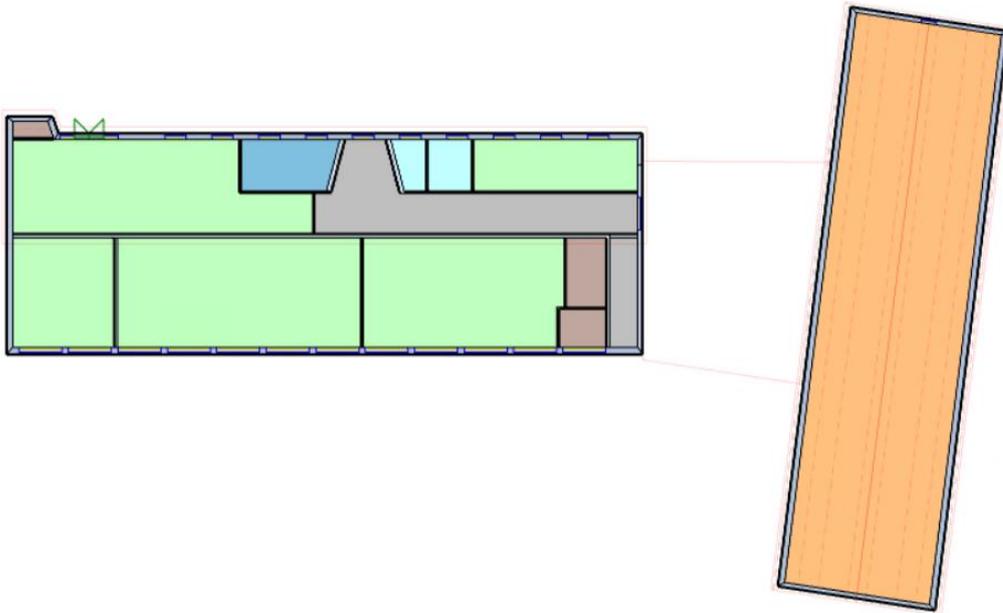


Abbildung 20 Grundriss Obergeschoss, zoniert

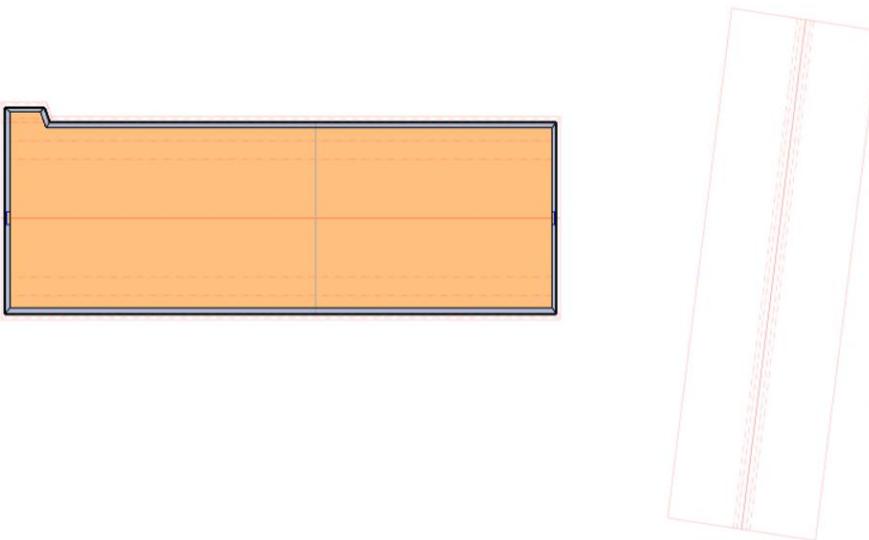


Abbildung 19 Grundriss Dachgeschoss, zoniert

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude.

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

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

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

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der Jahre 2014 bis 2018 für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Informationen zu den Verbräuchen für die Jahre 2019 bis 2022 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht vor.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	167.461	154.172	149.150	161.153	159.940	158.375
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,22	1,10	1,09	1,12	1,14	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	204.302	169.589	162.574	180.491	182.332	179.858
Strom [kWh/a]	20.343	19.599	21.185	17.230	17.980	19.267
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	224.645	189.188	183.759	197.721	200.312	199.125
Wasser [m ³ /a]	69	75	81	96	73	79

Die Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft über den zu Verfügung stehenden Zeitraum von 2014 bis 2018 ist in Abbildung 21 grafisch dargestellt.

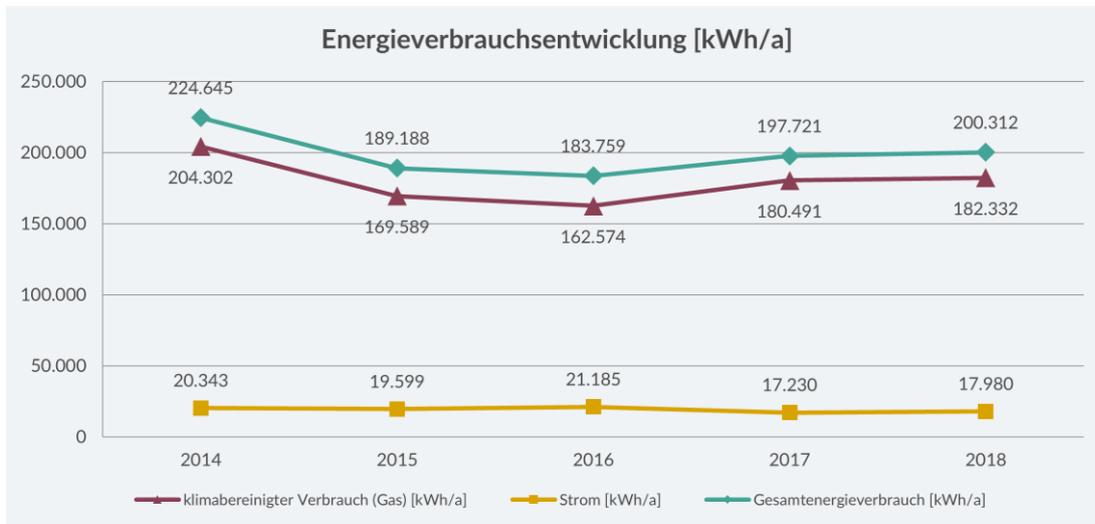


Abbildung 21 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

Der Gasverbrauch ist zwischen 2014 und 2016 deutlich, von knapp 204.000 kWh auf ca. 162.000 kWh, d. h. um ca. 42.000 kWh gesunken. Bis 2018 stieg der Gasverbrauch wieder bis auf ca. 182.000 kWh, d. h. um ca. 20.000 kWh an. Von 2014 bis 2016 ist der Stromverbrauch nahezu konstant geblieben. Bis 2018 sank der Stromverbrauch dann von ca. 21.000 kWh auf ca. 18.000 kWh, d. h. um ca. 3.000 kWh.

3.4.2 Energieverbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Der Bezugswert ist die Nettogrundfläche der Schule mit 1.392 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Energieträger	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	14	13
Wärme	56	129	97
Wasser	64	57	145

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Landkreises Cloppenburg.

² Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005)
 Zielwert: Unterer Quartilsmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch))
 Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

Als Orientierung zur Einstufung von Verbrauchswerten in den verschiedenen Medienbereichen (Strom, Wärme, Wasser) werden zunächst statistische Erhebungen über Energieverbräuche und Energiekosten herangezogen. Die nachfolgende Abbildung 22 stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser dar.

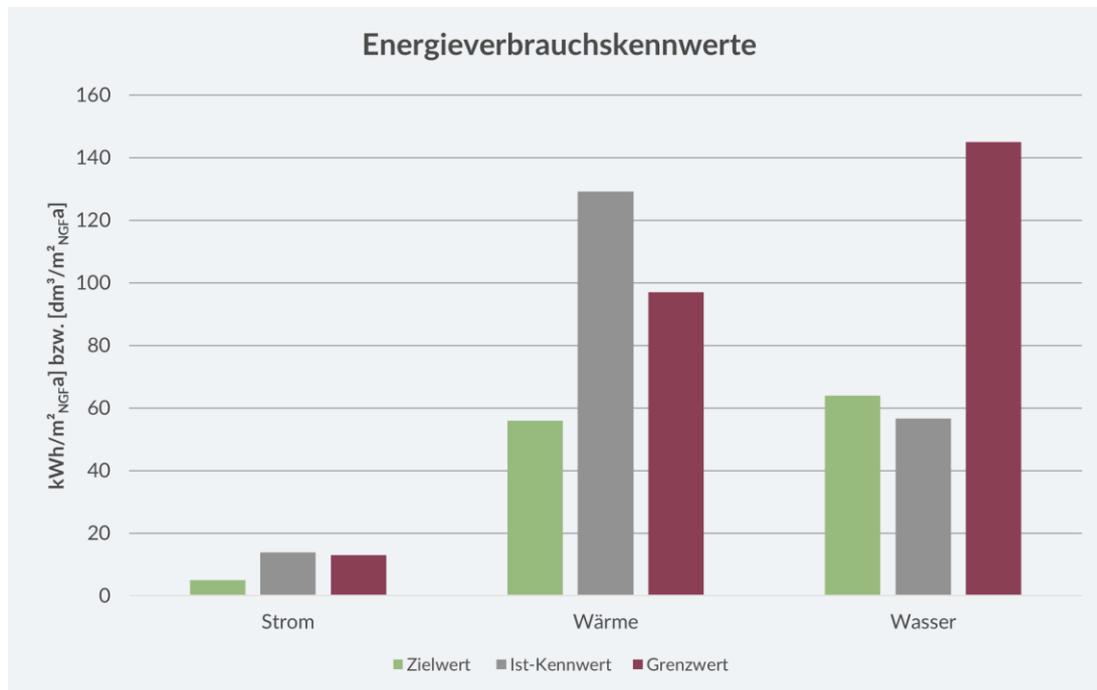


Abbildung 22 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Wasser liegen zwischen den jeweiligen Ziel- und Grenzwerten. Der Kennwert für Strom liegt leicht über dem Vergleichsgrenzwert. Hier könnte eine Umstellung der Beleuchtung auf hocheffiziente LED-Beleuchtung den Stromverbrauch in Richtung des Zielwertes senken. Der Verbrauchskennwert für Wärme liegt hingegen deutlich über dem Vergleichsgrenzwert. Eine Verbesserung der thermischen Gebäudehülle könnte den Kennwert in Richtung des Zielwertes senken.

3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf. Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffener Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe³ und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

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

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten Bestandsdaten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte

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

nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) und der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM) mit angegeben⁴.

Tabelle 5 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	BEG-Förderung ⁶
<i>Bauteilgruppe: Bodenflächen gegen unbeheizt</i>			
Bodenplatte gegen Erdreich	1,20	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Außenwand</i>			
Außenwände	1,40	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Dachflächen, Decken gegen unbeheizte Räume</i>			
Satteldach	1,40	0,20	
Flachdach	1,30		
Oberste Geschossdecke, nicht ausgebauter Dachraum, ungedämmt	0,70		0,14
Oberste Geschossdecke, nicht ausgebauter Dachraum, gedämmt	0,20	0,24	
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
Fenster, zweifach verglast (1978/1994)	2,70	1,30	0,95
Fenster, zweifach verglast (1997/2001)	1,60		
<i>Bauteilgruppe: Außentüren</i>			
Außentüren	2,90	1,80	1,30

3.6 WÄRMEBRÜCKEN

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

Bei der Planung und Ausführung von baulichen Maßnahmen an der Gebäudehülle sollte daher besonders auf die Beseitigung bestehender Wärmebrücken und die Vermeidung neuer Wärmebrücken geachtet werden. Zur Identifizierung von bestehenden Wärmebrücken könnte eine Prüfung mittels einer Wärmebildkamera durchgeführt werden.

⁴ Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß GEG Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen. Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U_w-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

⁵ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der GEG 2020 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet.

⁶ Die Mindestanforderungen an U-Werte für BEG-Förderung gelten nicht für die Förderung von Neubau und Sanierung von Effizienzgebäuden gem. BEG-Richtlinie (BEG NWG). Die Anforderungen Stand Dezember 2022 können jederzeit aktualisiert werden.

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung *Fernwärme, regenerativ (Biogasanlage)*
Anschlussjahr: 2011
Anschlussleistung: 190 kW
Energieträger: Biogas
Verteilung als Zweirohrheizung
Kein hydraulischer Abgleich
Leitungen im unbeheizten Keller gedämmt (Verteilleitungen)
Umwälzpumpe teilgeregelt
Übergabe an alle Zonen über Heizkörper (i. d. R. Gliederheizkörper)

Erzeugung *Brennwertkessel: Buderus Logano plus GB 312*
Baujahr: 2006
Nennleistung: 240 kW
Energieträger: Erdgas
Verteilung als Zweirohrheizung
Kein hydraulischer Abgleich
Leitungen im unbeheizten Keller gedämmt (Verteilleitungen)
Umwälzpumpe teilgeregelt
Übergabe an alle Zonen über Heizkörper (i. d. R. Gliederheizkörper)

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt dezentral an den jeweiligen Abnahmestellen über Elektro-Warmwasserspeicher. Der Verbrauch wird als gering angenommen und kann gem. DIN V 18599-10 Tabelle 6 vernachlässigt werden, wenn der Nutzenergiebedarf für die Warmwasserbereitung unter 0,2 kWh pro Person liegt.

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung der Räume in der BBS am Museumsdorf in Lönigen erfolgt über Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG). Mit Ermittlung der elektr. Leistung und der jährlichen Nutzungsdauer der bestehenden Beleuchtungsanlage wird der jährliche Energieeinsatz pro Gebäude- bzw. Beleuchtungszone bestimmt.

3.7.4 Lüftungstechnik

Eine Lüftung findet in jedem Gebäude zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Tür-

fugen. 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.

Eine zentrale Lüftungsanlage ist in der Außenstelle der BBS am Museumsdorf in Lönigen nicht vorhanden. Einzelne innenliegende WC-Räume sind mit dezentralen Abluftanlagen ausgestattet.

3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG

3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

Wo die ermittelten Energieverbrauchskennzahlen den tatsächlichen Verbrauch an Strom und Wärme der Liegenschaft, auf der sich das untersuchte Gebäude befindet, abbilden und bewertbar machen, erfolgt die ingenieurstechnische Berechnung und Analyse des Gebäudes und die Erarbeitung von Sanierungsmaßnahmen und deren Effekte auf Basis einer theoretischen Berechnung auf Grundlage der DIN V 18599.

Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599

Endenergiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
Heizung	267,56
Beleuchtung	5,75

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der durchgeführten Berechnung der ausgewählten / bewerteten Gebäude (Betrachtungsgegenstand).

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind jedoch, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 30 % durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

⁷ siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

Endenergiebedarfskennwerte⁸ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
Heizung	147,15
Beleuchtung	5,94

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der durchgeführten Berechnung der ausgewählten / bewerteten Gebäude (Betrachtungsgegenstand).

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der an die tatsächliche Nutzung angepasste Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.

3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss der vorhandene Energieverbrauch beurteilt werden. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. Die Aufteilung der Verluste, d. h. der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller – und der Anlagenverluste auf die Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie (Strom) – sowie der Lüftungsverluste können Sie der nachfolgenden Tabelle und den Diagrammen entnehmen.

Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	34.763	19,0
Außenwand	72.697	39,8
Fenster	42.473	23,3
Keller/Erdreich	32.705	17,9
Gesamt	182.638	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	33.820	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt	55.851	100,0

⁸ siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

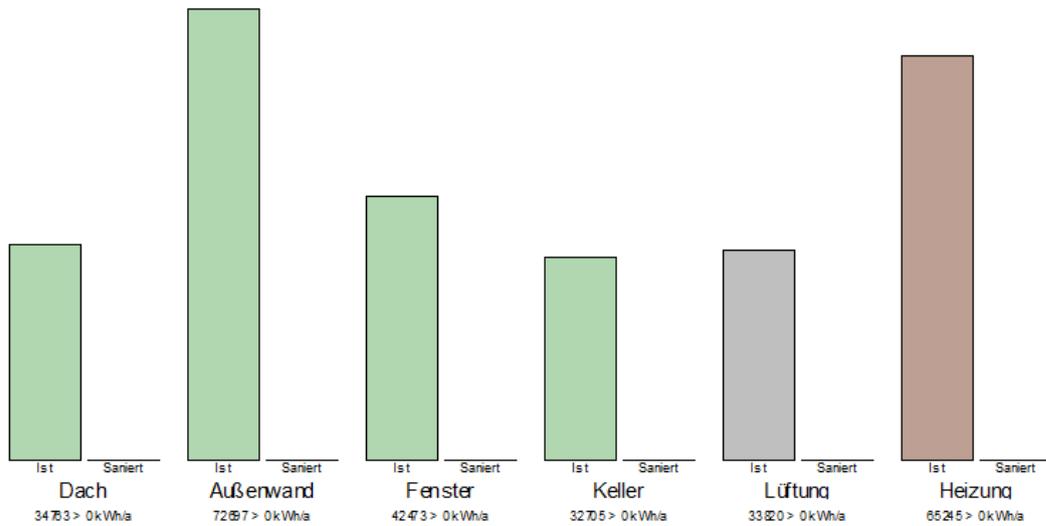


Abbildung 23 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste

Transmissionswärmeverluste sowie Anlagenverluste können mithilfe einer energetischen Sanierung des Gebäudes deutlich reduziert werden. Lüftungsverluste werden bei einer energetischen Sanierung ebenfalls minimiert, dennoch werden diese immer noch in einem nicht unerheblichen Anteil vorhanden sein. Abhilfe kann hier eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung schaffen. Der kontrollierte mechanische Luftwechsel minimiert die Lüftungsverluste.

Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftung berücksichtigt. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

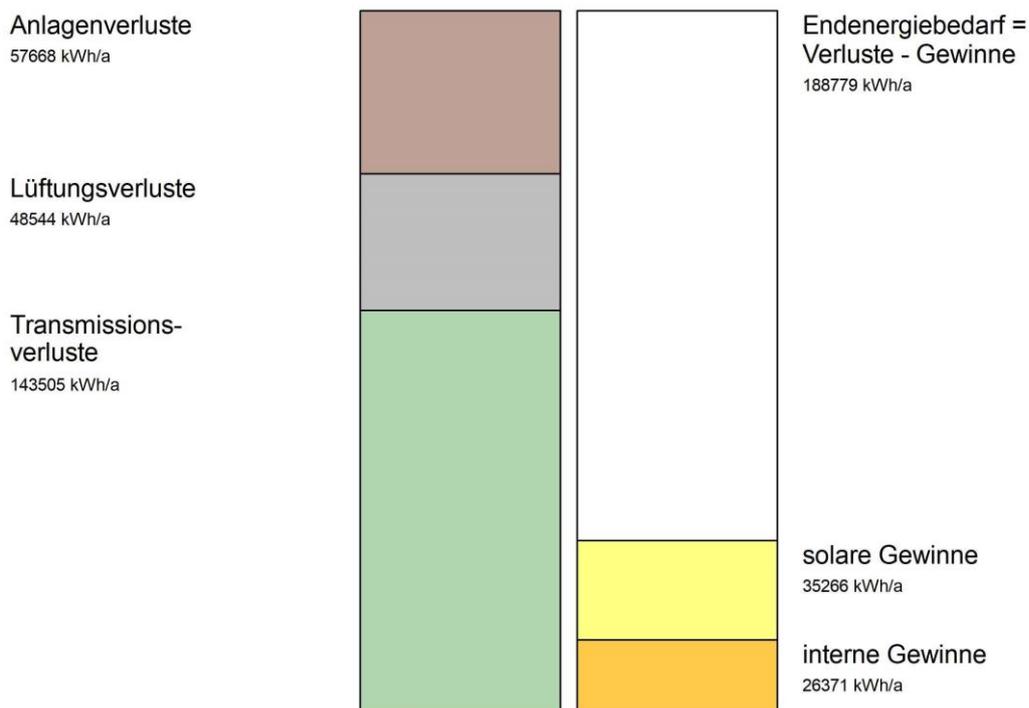


Abbildung 24 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 58 kWh/m²a.

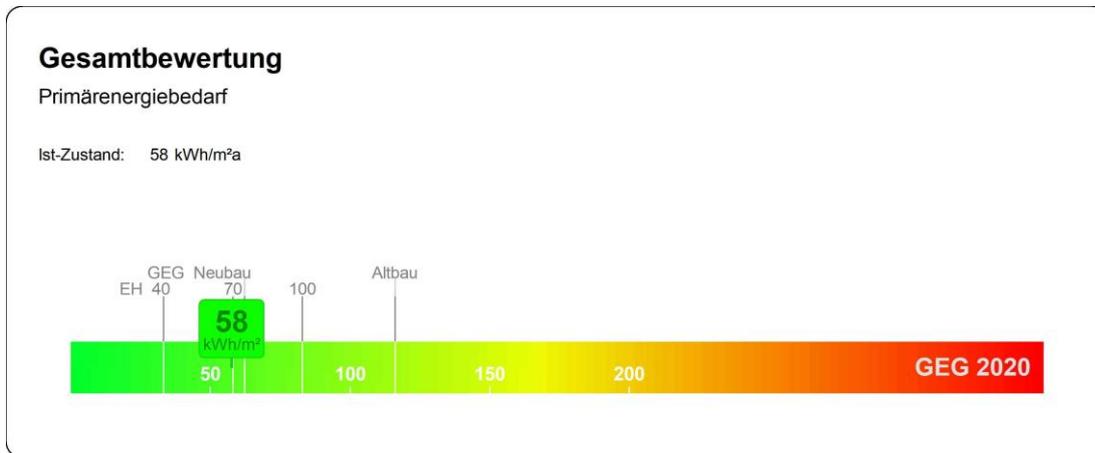


Abbildung 25 Gesamtbewertung des Gebäudes

Der energetische Ist-Zustand der Außenstelle der BBS am Museumsdorf in Löningen ist dem Baualter entsprechend mittelmäßig. Da die Wärmeversorgung im Wesentlichen über regenerative Fernwärme erfolgt, ist der Primärenergiebedarf im Vergleich zu ähnlichen Gebäuden mit einer Wärmeversorgung, welche überwiegend auf fossilen Energieträgern beruht, gering. Die nachfolgende Abbildung 26 zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf Q_p [kWh/m²a], den mittleren U-Wert opaker Bauteile [W/m²K] und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile [W/m²K]. Die berechneten Werte sind entscheidend bei der Erreichung eines Effizienzhausstandards.

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	94,3	✓ 174,0	124,3	□ 49,7	□ 68,3	□ 87,0	✓ 124,3	✓ 198,8
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,81	□ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	□ 0,26	□ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	2,1	✓ 2,7		□ 1,0	□ 1,2	□ 1,4	□ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	2,9	✓ 4,3		□ 1,6	□ 2,0	□ 2,4	✓ 3,0	

* EH 100 für Bestandsgebäude wurde nur bis zum 28.07.2022 gefördert.

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Fernwärme	283339	78,0

✓ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

□ EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 78,0%

Abbildung 26 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes

Da die in dieser Berechnung dargestellten Ergebnisse aufgrund der Anpassung an den Endenergieverbrauch (vgl. Kap. 3.8.1) von der DIN abweichen, muss für eine Betrachtung im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) zum Nachweis eines EG-Standards die Berechnung wieder an die Norm angepasst werden. Das bedeutet, dass eine Anpassung der Berechnung u. a. der Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens durchgeführt werden muss. Daher ist der Primärenergiebedarf in dieser Ansicht deutlich höher als in der vorherigen.

Aus Abbildung 26 wird ersichtlich, dass das Gebäude im Ist-Zustand **keinen** Effizienzgebäude-Standard erfüllt.

3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 9 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg.

Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,039	247
Strom-Mix	kWh	0,238	544

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Landkreises Cloppenburg.

Die in den Abrechnungen enthaltenen Energiekosten sind deutlich niedriger als aktuelle, ortsübliche Tarife. Daher wurden ergänzend die in Tabelle 10 dargestellten Werte aus aktuellen Tarifen festgelegt. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (Stand: 17.08.2022)

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,298	247
Strom-Mix	kWh	0,450	544

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben. Der Strompreis beruht auf Angaben des Landkreises Cloppenburg. Der Erdgaspreis beruht auf aktuellen Angeboten verschiedener Anbieter, da die lokale EWE AG aktuell keine neuen Verträge anbietet (Stand 17.08.2022).

Für den Bezug der regenerativen Fernwärme (Biogas) wurden die Standardwerte des Berechnungsprogramms verwendet (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11 Bezugskosten Fernwärme Standard-Werte ETU-Planer)

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [g/Einheit]
Fernwärme, regenerativ (Biogas)	kWh	0,064	60

Tabelle 12 Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	3,0
jährliche Preissteigerung [%]	4,0
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

Anmerkung: Der Zinssatz wurde in Absprache mit dem Landkreis Cloppenburg festgelegt.

3.8.4 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.

Dies sorgt dafür, dass Gas in der Zukunft ein immer unattraktiverer Energieträger wird, und Gebäude vermehrt durch andere Energieträger beheizt werden sollten.

3.9 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 der Landkreis vor Projektbeginn mehrere Vergleichsangebote einholen. Zudem sollte der Landkreis Cloppenburg mit der Vergabestelle die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig abstimmen.

In den Investitionskosten (brutto) sind auch die Kosten für kleinere Nebenarbeiten enthalten. Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten nicht enthalten.

Beispiel:

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

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

Empfohlene Sanierungsvarianten:

- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Kellerdeckendämmung
- Var.3 - Dämmung Oberste Geschossdecke
- Var.4 - PV-Anlage
- Var.5 - Fenster- und Außentürentausch
- Var.6 - LED-Beleuchtung
- Var.7 - Flachdachdämmung
- Var.8 - Außenwanddämmung
- Var.9 - Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die Umsetzung aller vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden (vgl. Kap. 4.11). Zudem kann, wenn ein Anteil an erneuerbaren Energien mindestens 65 % des für die Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes erforderlichen Energiebedarfs erbracht wird, eine Effizienzgebäude EE-Klasse erreicht werden. Um hierfür eine zusätzliche Förderung beantragen zu können, werden zusätzliche Anforderungen an das Gebäude gestellt. Beispielsweise ist der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für bestimmte Nutzungszonen verpflichtend. Aufgrund des wirtschaftlichen und technischen Aufwandes, der die Installation einer neuen Lüftungsanlage i. d. R. mit sich bringt, wurde diese Maßnahme zunächst nicht als Einzelmaßnahme vorgeschlagen.

4.2 SV 1: HEIZUNGSOPTIMIERUNG

Die Außenstelle der BBS am Museumsdorf in Lönigen wird zu ca. 80 % mit regenerativer Fernwärme aus einer nahegelegenen Biogasanlage versorgt. Ergänzend ist eine Gasheizung mit einem Brennwertkessel (Buderus Logano plus GB312) aus dem Jahr 2006 mit einer Leistung von 240 kW installiert (vgl. Abbildung 27).



Abbildung 27 Heizungsanlage

Entsprechend der Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen (Mittelfristenergieversorgungsmaßnahmenverordnung - EnSimiMaV), welche am 01.10.2022 in Kraft getreten ist, sind Gasheizungssysteme in Nichtwohngebäuden ab 1000 m² beheizter Fläche bis zum 23.09.2023 hydraulisch abzugleichen. In diesem Zusammenhang ist u. a. eine raumweise Heizlastberechnung nach DIN EN 12831:2017-09 in Verbindung mit DIN/TS 12831-1 : 2020-4 sowie eine Anpassung der Vorlauftemperaturregelung durchzuführen.

Mit dem hydraulischen Abgleich des Systems lassen sich gleichmäßige Volumenströme in allen Heizkörpern und Rohrleitungen erreichen. Das führt zu optimierten Pumpenleistungen und wirkt sich insbesondere auf der Stromseite aus. Zudem wird eine Leistungsabsenkung außerhalb der Nutzungszeit installiert.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Kostenannahmen Heizungsoptimierung			
	Preisermittlung	Fläche [m²]	Summe [€]
Hydraulischer Abgleich	$(1,6 \cdot \text{Fläche} + 515) \cdot 1,25$		3.426
Erneuerung Regelventile	$(3,5 \cdot \text{Fläche} + 230) \cdot 1,25$	1.391	6.373
Einbau intelligente Einzelraumregelung	$(15 \cdot \text{Fläche}) \cdot 1,25$		26.081
Summe			35.880

Anmerkung: Die Preise für den hydraulischen Abgleich, die Erneuerung der Regelventile und den Einbau der Einzelraumregelung beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021. Um aktuelle Preissteigerungen abzubilden, wurden die Werte pauschal um 25% erhöht.

Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistung
Hydraulischer Abgleich	Aufmaß aller Räume und Heizkörper sowie des Rohrnetzes vor Ort, Pumpenbemessung, Vorlauftemperaturberechnung, Berechnung der Einstellparameter für voreinstellbare Regelventile, Einstellung der Parameter vor Ort.
Erneuerung Regelventile	Neue Regelventile (Voreinstellbare Thermostatventile, Strangreguliertventile), gegebenenfalls notwendige geringe Anpassungen am hydraulischen System, Lohnkosten
Einbau von intelligenten Einzelraumregelungen	Lieferung und Montage der intelligenten (smarten) Einzelraumregelungen, Einbindung in das Heizungsnetz, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung evtl. vorhandener Regelungen.

***Hinweis:** Bei dem hydraulischen Abgleich der Heizungsanlage sind lediglich die erforderlichen Messungen, Berechnungen und Einstellungen enthalten. Sollten neue Pumpen notwendig sein, sind diese separat zu kalkulieren.

Mit der zweiten Änderung der Richtlinie zur Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz vom 15.09.2022 kann für Nichtwohngebäude mit einer beheizten Fläche über 1.000 m² keine Förderung mehr für die Heizungsoptimierung beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

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

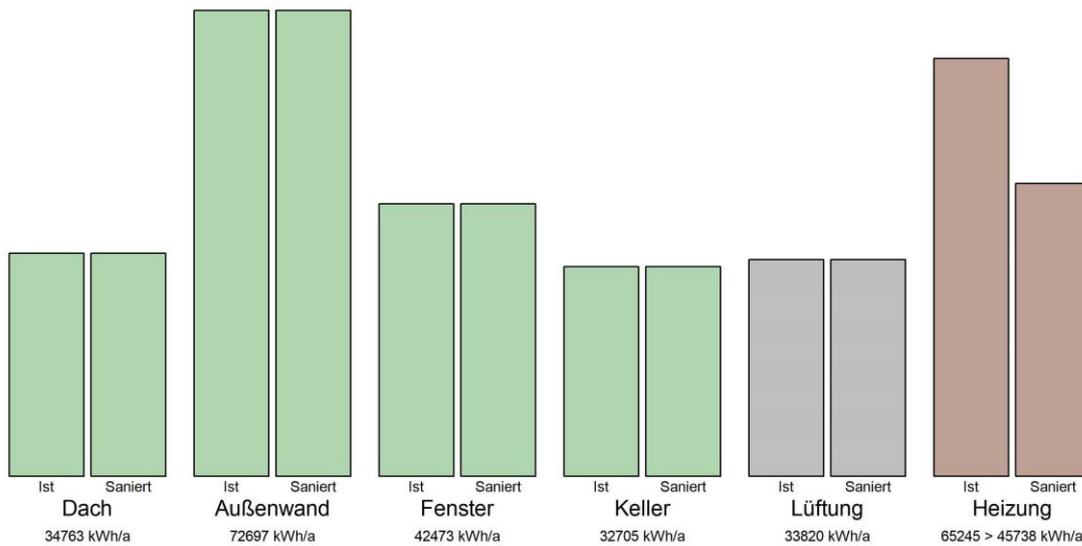


Abbildung 28 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 195.647 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 17.243 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.063 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 53 kWh/m² pro Jahr.

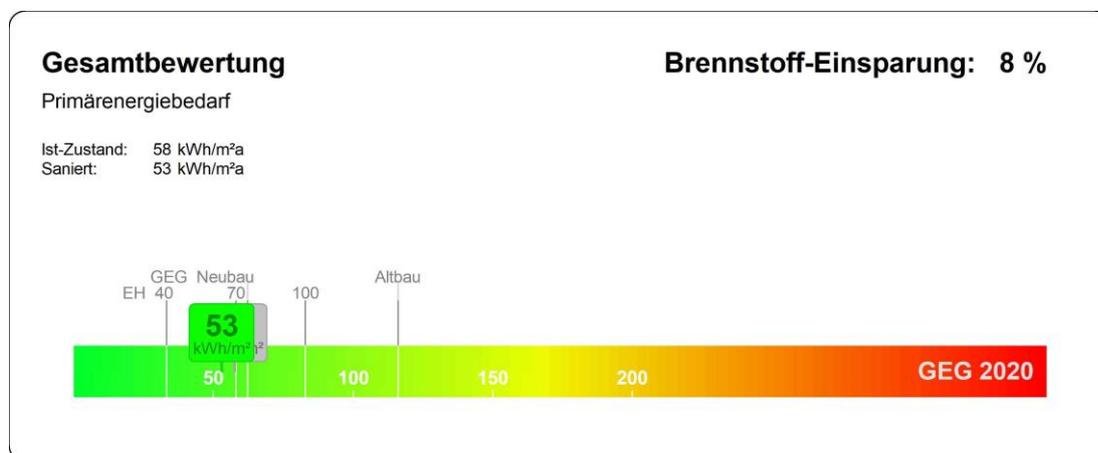


Abbildung 29 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

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.

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	35.880 EUR
Mögliche Fördermittel	-
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	35.880 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 14 über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	2.412	2.412
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	19.775	39.473
Summe	22.187	41.885
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.438	43.006
Einsparung	-749	1.121
Amortisationszeit	-	15 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 15 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.3 SV 2: KELLERDECKENDÄMMUNG

Der nördliche Bauteil der Schule ist vollunterkellert; der südliche Bauteil ist teilunterkellert. Die massive Kellerdecke ist ungedämmt (vgl. Abbildung 30).



Abbildung 30 Kellerdecke ungedämmt

Die Kellerdecke wird in dieser Sanierungsvariante nachträglich gedämmt. Die Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) liegen bei einem U-Wert $\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um diesen U-Wert zu erreichen wäre die Anbringung eines Wärmedämmstoffs mit einer Stärke von ca. 8 cm mit der Wärmeleitgruppe 035 erforderlich. Eine BEG-Förderung setzt einen U-Wert von Böden gegen unbeheizte Räume von $\leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ voraus. In der Simulation werden die Anforderungen der Förderrichtlinie zur BEG EM angenommen. Um diesen U-Wert zu erreichen wäre eine nachträgliche Dämmung der Kellerdecke mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 032 in einer Stärke von ca. 10 cm erforderlich.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Kellerdeckendämmung	44	536,72	23.615,55
Enthaltene Leistungen	Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, Vorbereitung des Untergrundes, Anbringung Dämmmaterial, Befestigungen, Anschlüsse, Lohnkosten		

Anmerkung: Die Preise beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 3.542 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

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

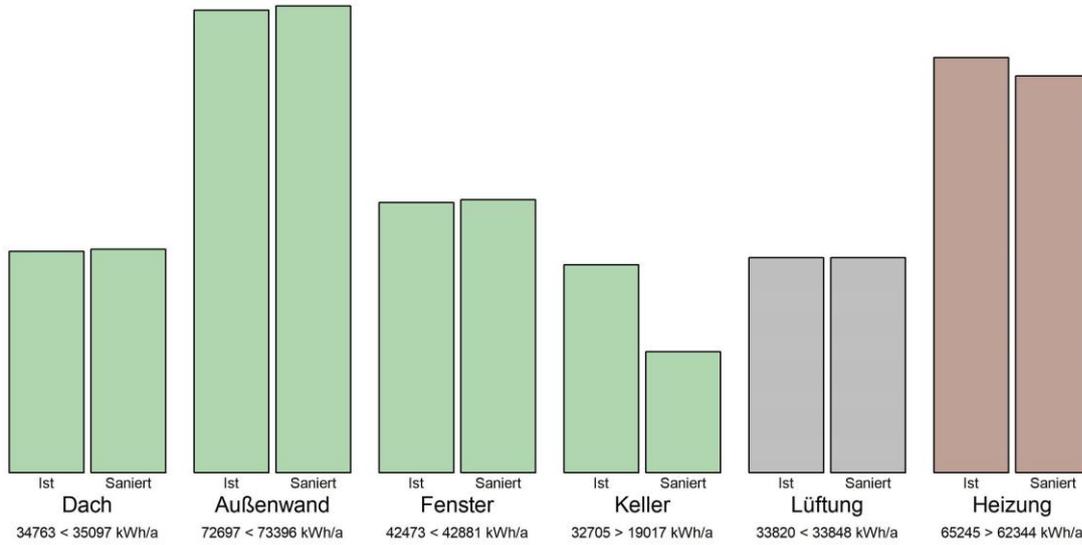


Abbildung 31 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 198.689 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 14.202 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.373 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 55 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.

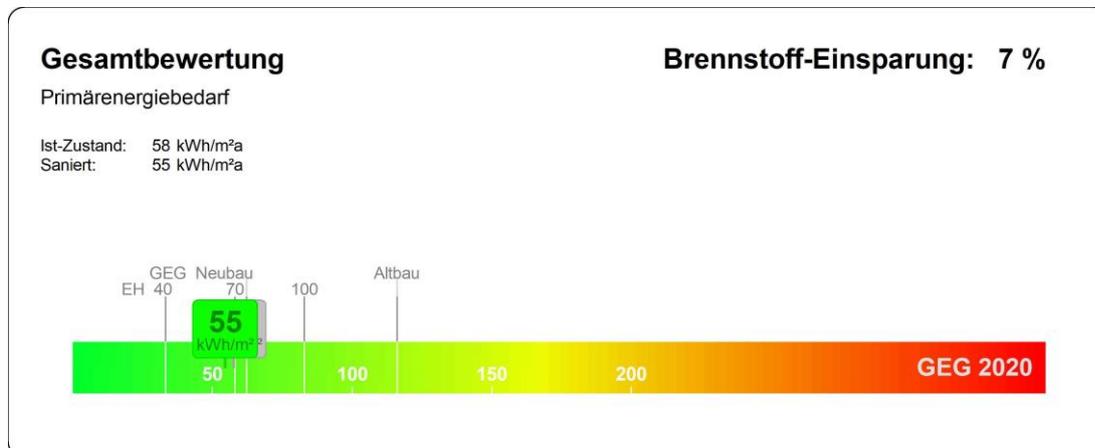


Abbildung 32 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	23.616 EUR
Mögliche Fördermittel	3.542 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	23.616 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 16 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	1.205	1.205
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	24.155	48.571
Summe	25.360	49.776
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.667	51.489
Einsparung	307	1.713
Amortisationszeit	25 Jahre	14 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 14 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.4 SV 3: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE

Nach den vorliegenden Informationen ist bislang nur etwa die Hälfte der obersten Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum im südlichen Bauteil der BBS am Museumsdorf in Lönigen gedämmt (vgl. Abbildung 30). Die übrigen Decken zu den unbeheizten Dachräumen sind demnach ungedämmt.



Abbildung 33 Kellerdecke ungedämmt

Gem. § 47 des GEG (Nachrüstung eines bestehenden Gebäudes) müssen oberste Geschossdecken, die nicht den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 erfüllen, nachträglich so gedämmt werden, dass ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschritten wird. In dieser Sanierungsvariante wird daher eine Dämmung der bislang nicht gedämmten obersten Geschossdecken der Schule entsprechend den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) empfohlen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist eine zusätzliche Dämmung in einer Stärke von ca. 10 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 erforderlich. Um eine BEG-Förderung gem. der Förderrichtlinie BEG EM zu

erhalten, wird ein U-Wert der gedämmten obersten Geschossdecke von $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wird daher eine Dämmstoffstärke von 18 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 032 angesetzt.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Dämmung oberste Geschossdecke		63	591,20
Enthaltene Leistungen	Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, notwendige Teilabbrüche im Dachraum inkl. Entsorgung, Vorbereitungen, Verlegung Dämmmaterial, gegebenenfalls von Dampfbremsen, Befestigungen, Anschlüsse, Herstellung Fußboden (einfache Ausführung), Lohnkosten		
			37.245,54

Anmerkung: Die Preise beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 5.587 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

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

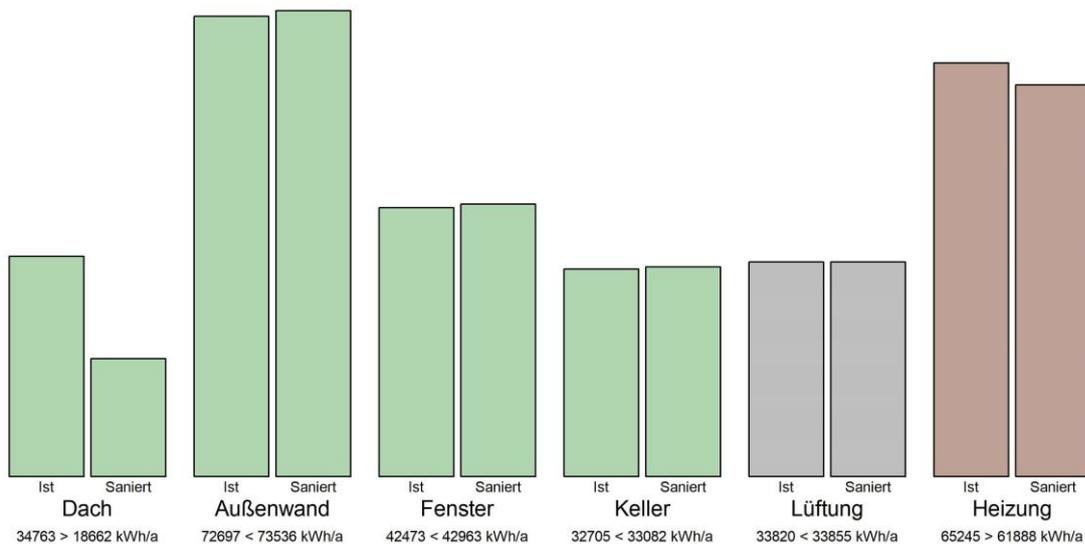


Abbildung 34 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 196.319 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 16.572 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.600 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 54 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.

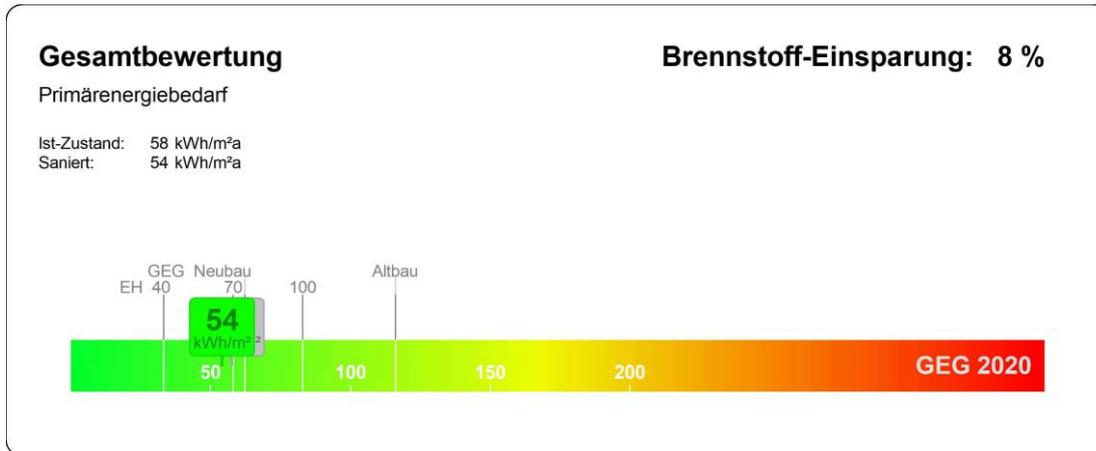


Abbildung 35 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	37.246 EUR
Mögliche Fördermittel	5.587 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	37.246 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 16 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	1.900	1.900
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	23.903	48.088
Summe	25.803	49.988
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.667	51.489
Einsparung	-136	1.501
Amortisationszeit	-	18 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 18 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.5 SV 4: PV-ANLAGE

In dieser Sanierungsvariante wird die Errichtung einer PV-Anlage vorgeschlagen, um den aktuellen Strombedarf zu decken. In der Simulation wurden die Dachflächen des südlichen Bauteils vollbelegt (Südost-/Nordwest-Ausrichtung). Bei dem nördlichen Bauteil wird aufgrund von Verschattungen nur ein Teil der südlichen Dachfläche belegt (vgl. Abbildung 36). Zudem wurde ein Batteriespeicher vorgesehen. Die Berechnung wurde mit dem Programm PV*SOL Premium der Valentin Software GmbH⁹ durchgeführt. Es handelt sich um eine Machbarkeitsanalyse. Die endgültige Planung der PV-Anlage ist durch ein Fachplanungsbüro durchzuführen. Des Weiteren ist eine statische Prüfung der Dächer, für die eine Belegung mit einer PV-Anlage geplant werden soll, durchzuführen.



Abbildung 36 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage
(Quelle: Simulation mit PV*SOL)

⁹ <https://valentin-software.com/produkte/pvsol-premium/>

Die Ergebnisse der Simulation sind in den folgenden Tabellen Tabelle 19 PV-Anlage bis Tabelle 22 Autarkiegrad zusammengefasst.

Tabelle 19 PV-Anlage

PV-Generatorleistung	139,81 kWp
Spez. Jahresertrag	879,64 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	91,34 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,4 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz) mit Batterie	123.046 kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	10.486 kWh/Jahr
Batterieladung	4.623 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	107.937 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	12,2 %
Vermiedene CO₂-Emissionen	57.607 kg/Jahr

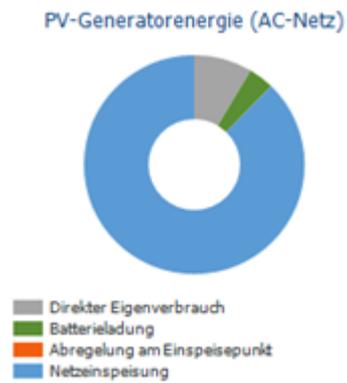


Tabelle 20 Verbraucher

Verbraucher	19.267 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	64 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	19.331 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	10.486 kWh/Jahr
...gedeckt durch Batterie netto	4.225 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	4.621 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	76,1 %

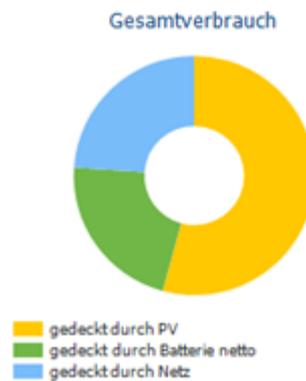


Tabelle 21 Batteriesystem

Ladung am Anfang	16 kWh
Batterieladung (Gesamt)	4.630 kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	4.623 kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	7 kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	4.232 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	316 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	98 kWh/Jahr
Zyklenbelastung	5,9 %
Lebensdauer	17 Jahre

Tabelle 22 Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	19.331 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	4.621 kWh/Jahr
Autarkiegrad	76,1 %

Die nachfolgende Abbildung 37 zeigt die prognostizierte Deckung des Stromverbrauchs durch die PV-Anlage mit Batteriespeicher über ein Jahr.

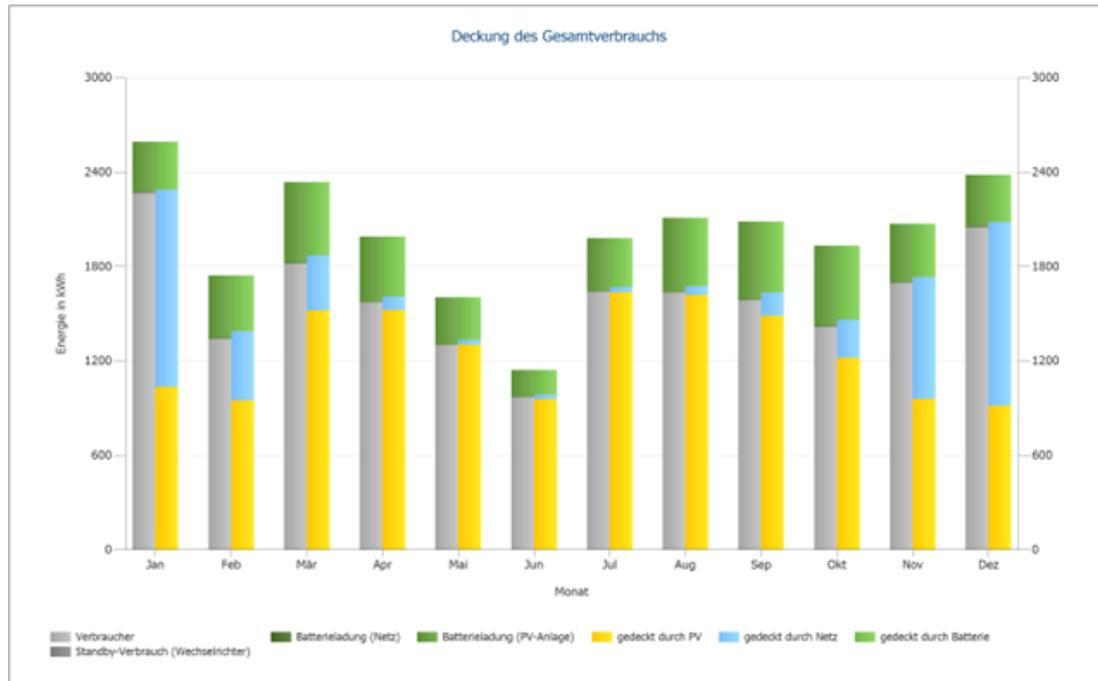


Abbildung 37 Deckung des Gesamtverbrauchs

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ist in den Tabellen Tabelle 23 und Tabelle 24 dargestellt. In der Investitionssumme sind die Kosten für die Module, den Wechselrichter, die Batterie, die Verkabelung, die Montage, die Lieferung und der Löhne enthalten. Die Kosten für die Planung sind nicht inbegriffen. Hierfür ist ein Zuschlag von ca. 15 % anzunehmen. Sofern eine Unterbringung der Wechselrichter und der Batteriespeicher innerhalb des Gebäudes nicht möglich ist, müssen weitere Kosten für die Schaffung zusätzlicher Räumlichkeiten einkalkuliert werden.

Tabelle 23 Zahlungsübersicht

<i>spezifische Investitionskosten</i>	1.357,29 €/kWp
Investitionskosten	189.762,50 €
<i>Investitionen</i>	174.762,50 €
<i>Batterie</i>	15.000,00 €

Tabelle 24 Vergütung und Einspeisung

Gesamtvergütung im ersten Jahr	4.964,15 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	3.821,24 €/Jahr
EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen	
Gültigkeit	21.11.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,046 €/kWh
Einspeisevergütung	4.964,1467 €/Jahr
EEG 2021 - Umlage auf Eigenverbrauch - Alle Anlagenarten	
Gültigkeit	21.11.2022 - 20.11.2043
Spezifische Eigenverbrauchsabgabe	0,026 €/kWh
Eigenverbrauchsabgabe	286,61 €/Jahr
Example Private (Example)	
Arbeitspreis	0,2609 €/kWh
Grundpreis	10 €/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	5 %/Jahr

Eine Förderung für die Errichtung einer PV-Anlage kann zum aktuellen Zeitpunkt nicht beantragt werden.

4.6 SV 5: FENSTER- UND AUßENTÜRENTAUSCH

Bei den Fenstern der BBS am Museumsdorf Außenstelle Lönigen handelt es sich überwiegend um Holzfenster mit zweifach Verglasung aus den Jahren 1978 bis 1997. Teilweise sind jüngere Fenster aus den frühen 2000er Jahren vorhanden (vgl. Abbildung 38). Bei den Außentüren handelt es sich um Holztüren mit einer zweifach Verglasung.



Abbildung 38 Zweifach verglastes Fenster mit Holzrahmen

In dieser Sanierungsvariante wird empfohlen, die Fenster und Außentüren entsprechend den aktuellen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) auszutauschen. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Fenster und ein U -Wert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Türen anzusetzen. Für die Berechnung wird eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung angenommen.

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.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Holz-Einzelfenster inkl. Einbau	551,51		
Einzelfenster gesamt	600	325,30	195.182,28
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
Außentüren	2.150	35,41	76.139,02
Gesamtausgaben			165.994

Anmerkung: Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Für Fenster teilen sich die Investitionskosten folgendermaßen auf: Abbruch alter Fenster einschließlich Abdichtung, Entsorgung durch LKW, Lieferung, Einbau und Montage neuer Fenster einschließlich Abdichtung, Lohnkosten und Baustelleneinrichtung

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 40.698 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 10 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

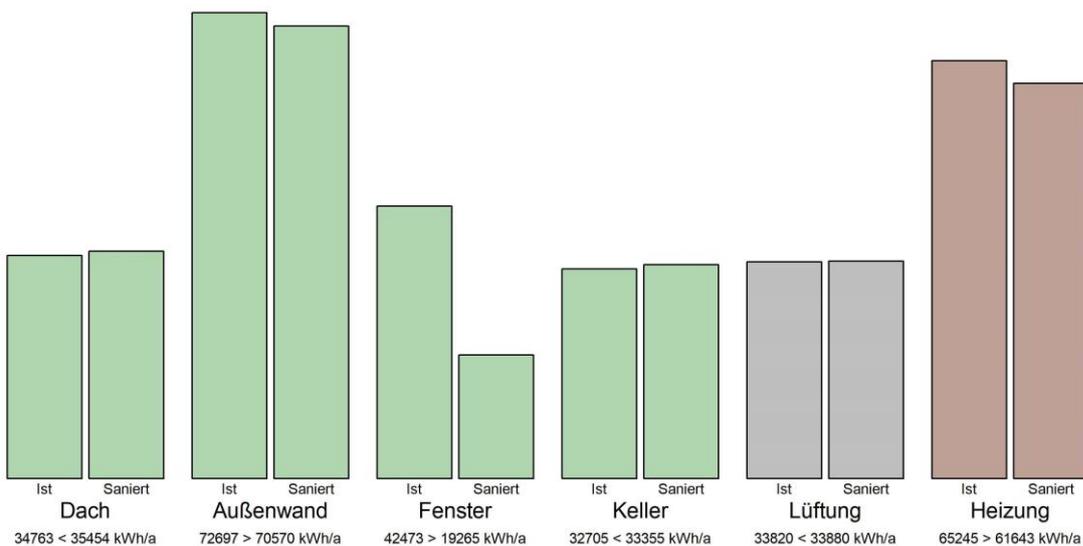


Abbildung 39 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 191.207 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 21.684 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.960 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 53 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

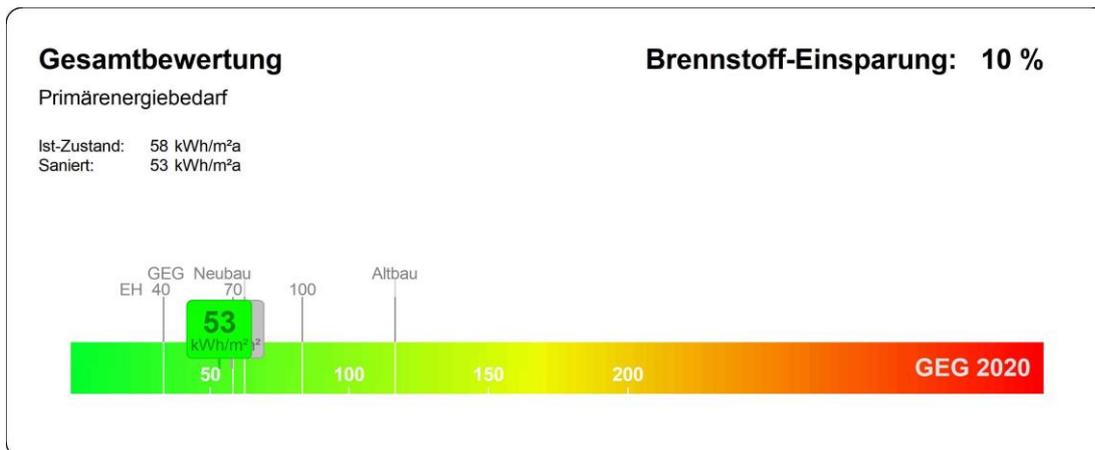


Abbildung 40 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 25 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	271.321 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	258.021 EUR
Mögliche Fördermittel	40.698 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	13.300 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 26 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	679	679
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	23.433	47.243
Summe	24.112	47.922
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.667	51.489
Einsparung	1.555	3.567
Amortisationszeit	11 Jahre	6 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nach 11 Jahren die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 6 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.7 SV 6: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die in der Schule überwiegend vorhandenen Leuchtstoffröhren durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt.

Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO₂-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden.

Die Wärmeentwicklung von LED-Lampen fällt z. B. im Vergleich zur alten Glühlampe deutlich geringer aus. Glühlampen erzeugen aus der eingespeisten Energie nur etwa 5 % Licht, die restlichen 95 % werden in Wärme umgewandelt. Bei aktuellen LED-Lampen werden etwa 40 % der eingesetzten Energie in sichtbares Licht umgewandelt und nur 60 % in Wärme. Aus diesem Grund steigt der Wärmebedarf des Gebäudes minimal an.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Zone	Preis [€/m²]	Fläche [m²]	Summe [€]
Verkehrsflächen	45	333,82	15.022
WC- und Sanitärräume	90	52,81	4.753
Klassenzimmer	80	818,81	65.505
Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	45	74,57	3.356
Sonstige Aufenthaltsräume	80	110,62	8.850
Gesamtausgaben			97.486

Anmerkung: Die Preise beruhen auf Licht-Berechnungen von Beispielräumen der Schule und Herstellerangaben für Leuchten. Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten: Lieferung und Montage sowie elektrischer Anschluss der Leuchten sowie gegebenenfalls der Präsenzmelder und Tageslichtsensoren. Nicht eingeschlossen ist eine Lieferung und Verlegung gegebenenfalls notwendigen neuer Kabel.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

Info	Gefördert wird der Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes, wie beispielsweise einer energieeffizienten raumlufttechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 15.632 € beantragt werden.

Alternativ kann für die beschriebene Sanierungsvariante Fördermittel über die Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld (sog. „Kommunalrichtlinie“) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit beantragt werden.

Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (4.2.3)

Info	Gefördert wird innerhalb der Kommunalrichtlinie in den investiven Förderungsschwerpunkten 4.2.3 "Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung" der Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung bei Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.
Förderanteil	25 % für Antragsberechtigte 40 % für Finanzschwache Kommunen* Mindestzuwendung 5.000 €
Fristen	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2024 bzw. 31.12.2027.

* Antragsberechtigte aus Braunkohlerevieren gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020, das heißt das Lausitzer Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Rheinische Revier, sind finanzschwachen Kommunen gleichgestellt.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 26.053 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Eine Kumulation der beiden Förderprogramme ist nicht möglich.

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes nur sehr gering. Dies liegt daran, dass der Heizwärmebedarf aufgrund der geringeren Wärmeabgabe der LED-Beleuchtung steigt. Trotz der Zunahme des Wärmebedarfs wird dennoch Energie eingespart.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 211.130 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.761 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.975 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 51 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.

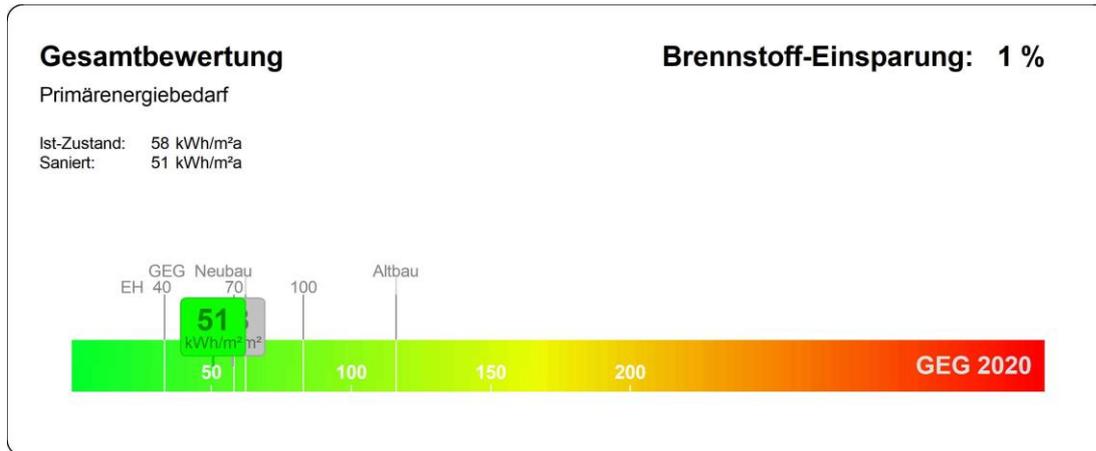


Abbildung 41 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 27 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	97.486 EUR
Mögliche Fördermittel - BEG EM (15 %)	14.623 EUR
Mögliche Fördermittel - Kommunalrichtlinie (25 %)	24.372 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	97.486 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 28 über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 28 Einsparpotenzial, SV 6

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	6.553	6.553
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	19.602	39.593
Summe	26.155	46.146
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.438	43.006
Einsparung	-4.717	-3.140
Amortisationszeit	-	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten weder unter Annahme der alten, günstigen Preise noch unter der Annahme der neuen Preisen voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.8 SV 7: FLACHDACHDÄMMUNG

Das Flachdach der Eingangshalle stammt aus dem Baujahr 1958 (vgl. Abbildung 42). In dieser Sanierungsvariante wird daher eine Dämmung des Flachdaches entsprechend den Anforderungen



Abbildung 42 Flachdach Eingangshalle

des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) empfohlen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist eine zusätzliche Dämmung in einer Stärke von ca. 12 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 erforderlich. Um eine BEG-Förderung gem. der Förderrichtlinie BEG EM zu erhalten, wird ein U-Wert von $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wird daher eine Dämmstoffstärke von 20 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 032 angesetzt. Die bestehenden Abdichtungen und Dämmschichten des Flachdaches werden zu-

rückgebaut und nach der Dämmung neu abgedichtet. Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Rückbau Flachdachbelag	49,25		
Flachdach nach Energiestandards	134,12		
Flachdächer gesamt	200,00	136,06	27.211,14
Gesamtausgaben			27.211,14

Anmerkung: Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV).

Folgende Leistungen sind in den aufgeführten Kosten enthalten.

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Flachdachdämmung	Abbruch Bitumenbahn, Abbruch Sperrschicht, Entsorgung durch LKW, Dampfbremse vollflächig kleben, Wärmedämmung, neue Dachabdichtung, ggf. neue Kies-schüttung, Baustelleneinrichtung, Lohn und Montage

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEE) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 4.082 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 5 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

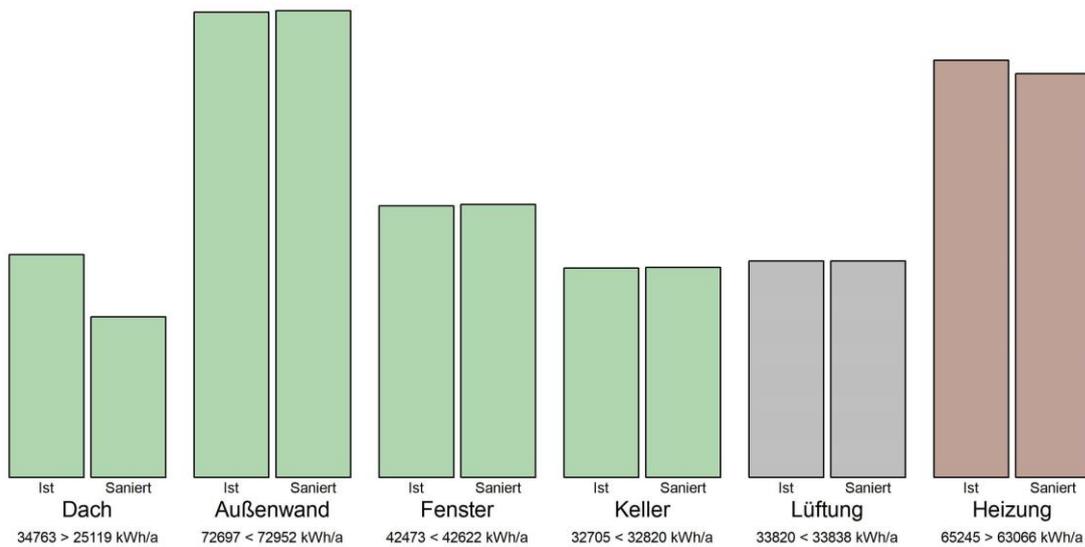


Abbildung 43 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 7

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 202.251 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 10.640 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.028 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 55 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.

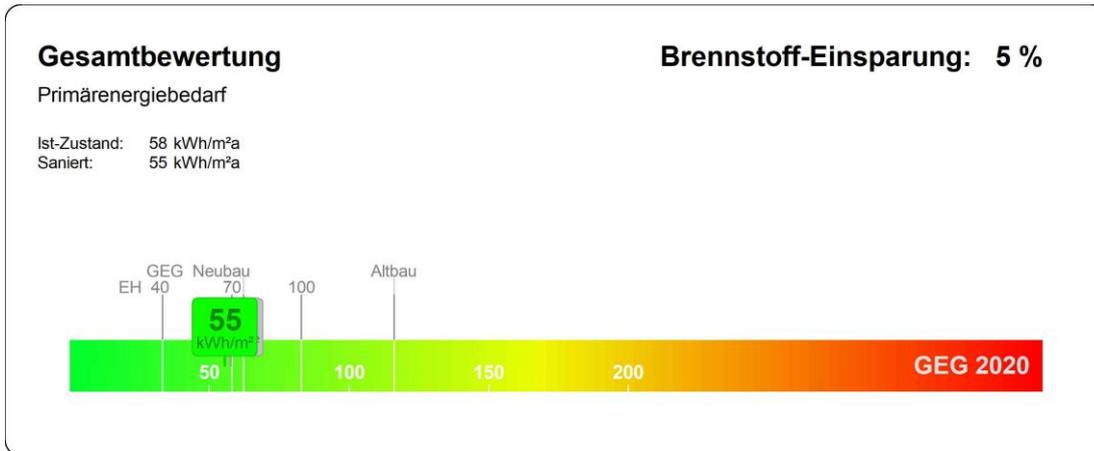


Abbildung 44 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 29 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	27.211 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	8.163 EUR
Mögliche Fördermittel	4.082 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	19.048 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 30 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 30 Einsparpotenzial, SV 7

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	972	972
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	24.536	49.302
Summe	25.508	50.274
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.667	51.489
Einsparung	159	1.215
Amortisationszeit	27 Jahre	15 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nach 27 Jahren die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 15 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.9 SV 8: AUßENWANDDÄMMUNG

Die verklankerten Außenwände des Gebäudekomplexes befinden sich im Zustand des Baualters (vgl. Abbildung 45).



Abbildung 45 Außenansicht

Die Außenwände entsprechen daher nicht den aktuellen Anforderungen des GEG und werden in dieser Sanierungsvariante nachträglich von außen gedämmt.

Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen gem. GEG beträgt $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um diesen U-Wert zu erreichen, würde eine Dämmung von 12 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 ausreichen.

In der Förderrichtlinie zur BEG EM wird ein U-Wert der nachträglich gedämmten Außenwände von $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wird für die Außenwände daher eine Dämmstärke von 14 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 032

angenommen. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Rückbau Verblendmauerwerk	40,99		
Außenwand nach Energiestandards	139,01		
Außenwände gesamt	180,00	989,48	246.312,19
Gesamtausgaben			246.312,19

Anmerkung: Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV).

Folgende Leistungen sind in den angegebenen Kosten enthalten.

Maßnahme	Leistungen
Außenwanddämmung	Entfernung Verklankerung, Reinigung der freigelegten Wandflächen für das Anbringen der Wärmedämmung, Anbringen und Verdübeln der Dämmschicht wird vollflächig angebracht und verdübelt.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 36.947 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 8 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 27 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

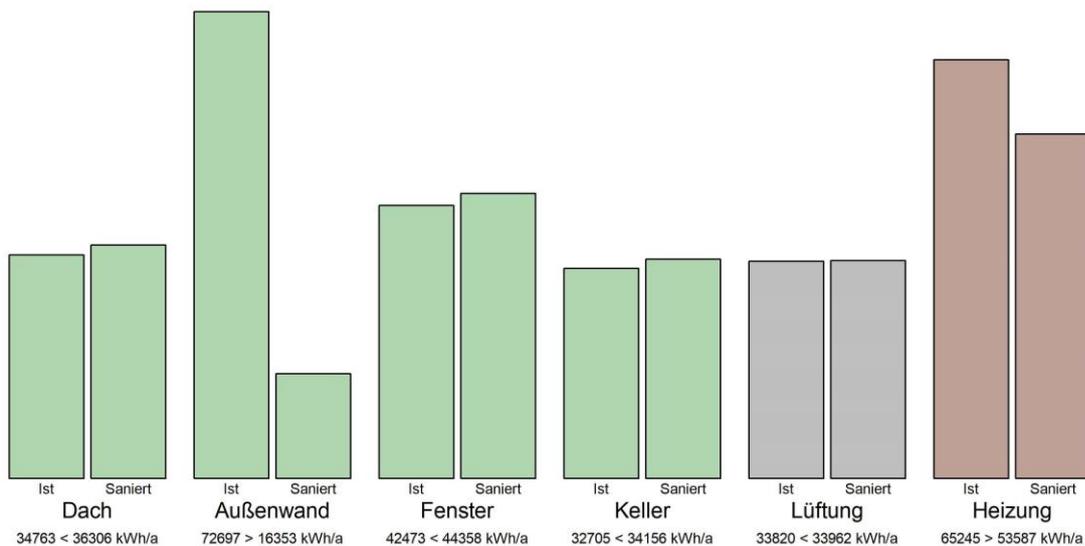


Abbildung 46 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 8

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 155.216 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 57.675 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5.580 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 45 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.

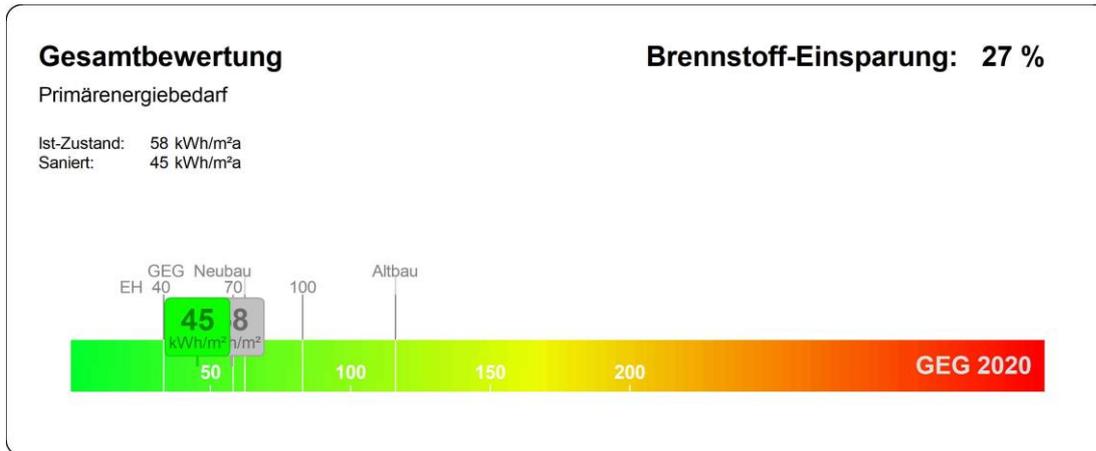


Abbildung 47 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 31 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8

Gesamtinvestitionen	246.312 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	88.946 EUR
Mögliche Fördermittel	36.947 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	157.366 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 32 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 32 Einsparpotenzial, SV 8

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	8.029	8.029
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	19.531	39.623
Summe	27.560	47.652
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.667	51.489
Einsparung	-1.893	3.837
Amortisationszeit	-	22 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 6 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.10 SV 9: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - Heizungsoptimierung

Var.2 - Kellerdeckendämmung

Var.3 – Dämmung Oberste Geschossdecke

Var.4 – PV-Anlage

Var.5 – Fenster- und Außentürentausch

Var.6 – LED-Beleuchtung

Var.7 - Flachdachdämmung

Var.8 - Außenwanddämmung

kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO₂-Emissionen eingespart werden.

Für die beschriebenen Sanierungsvarianten können jeweils als Einzelmaßnahme Fördermittel aus der BEG EM bzw. über die sog. „Kommunalrichtlinie“ beantragt werden.

<i>Fördermöglichkeiten</i>					
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>	
Var. 1 Heizungsoptimierung	BEG EM	35.880	-	-	
Var. 2 Kellerdeckendämmung	BEG EM	23.616	15	bis zu 3.542	
Var. 3 Dämmung oberste Geschossdecke	BEG EM	37.246	15	bis zu 5.587	
Var. 4 PV-Anlage	-	174.762	-	-	
Batteriespeicher	-	15.000	-	-	
Var. 5 Fenster- und Außentürentausch	BEG EM	271.321	15	bis zu 40.698	
Var. 6 LED-Beleuchtung	BEG EM	97.486	15	bis zu 14.623	
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 24.372	
Var. 7 Flachdachdämmung	BEG EM	27.211	15	bis zu 4.082	
Var. 8 Außenwanddämmung	BEG EM	246.312	15	bis zu 36.947	
Summe		928.834		bis zu 129.851	

Über das Förderprogramm der BEG und der Kommunalrichtlinie könnte ein Zuschuss von bis zu 129.851 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 9 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 60 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

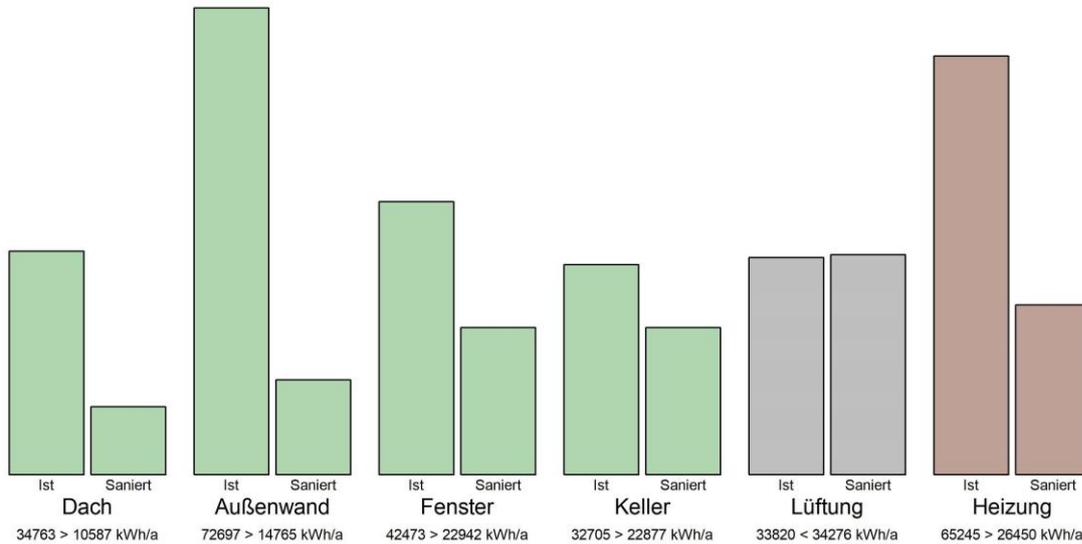


Abbildung 48 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 9

Der derzeitige Endenergiebedarf von 212.891 kWh/Jahr reduziert sich auf 84.696 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 128.195 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 16.851 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 7 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.

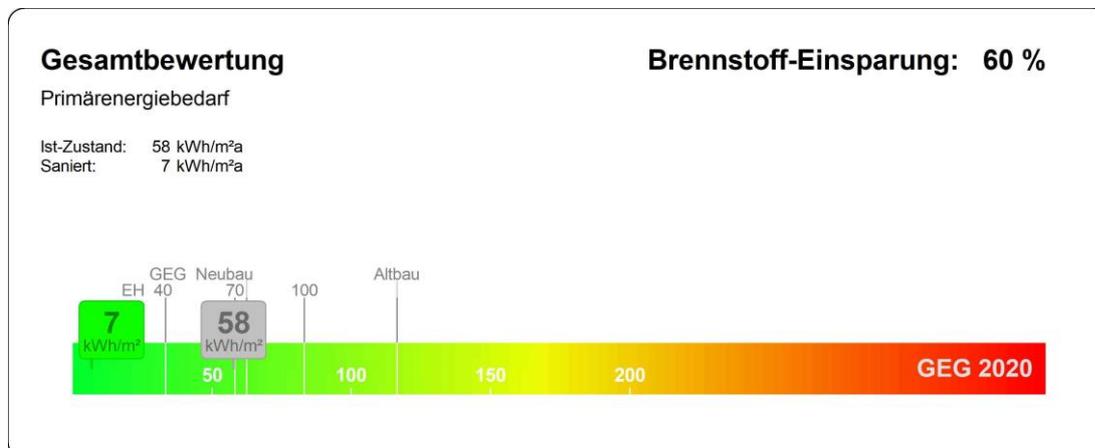


Abbildung 49 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 9

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 9 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 33 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9

Gesamtinvestitionen	928.834 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	355.130 EUR
Mögliche Fördermittel	129.851 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	573.704 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 34 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 34 Einsparpotenzial, SV 9

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	39.684	39.684
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	9.987	20.986
Summe	49.671	60.670
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.667	51.489
Einsparung	-24.004	-9.181
Amortisationszeit	-	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise und auch unter Annahme der neuen, höheren Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremse 2023

Wie Ende 2022 bekanntgegeben wurde, wird es in Deutschland ab dem Frühjahr 2023 eine Preisbremse für Strom und Gas geben. Dies führt zu neuen Preisen, die die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verändern. Die Kostenannahmen der Preisbremse sind in Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 35 Kostenannahmen Preisbremse

	Preisbremse
Angenommener durchschnittlicher Gaspreis 2023	0,15 EUR/kWh
Angenommener durchschnittlicher Strompreis 2023	0,41 EUR/kWh

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 36 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern.

Tabelle 36 Einsparpotenzial, SV 9 mit Preisbremse

	mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	39.684
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	15.029
Summe	54.713
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	38.093
Einsparung	-16.620
Amortisationszeit	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der Preise der Preisbremse nicht ausreichen, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken.

4.11 EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG

In dieser Variante werden die zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen kombiniert. Zudem werden die für die Berechnung vorgenommen Anpassungen (Raumtemperaturen, Nutzungszeiten, Lüftungsverhalten) an den Energieverbrauch rückgängig gemacht und wieder an die Vorgaben der DIN V 18599 angeglichen. Dadurch erhöht sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes deutlich. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden. Zudem kann, wenn ein Anteil an erneuerbaren Energien mindestens 65 % des für die Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes erforderlichen Energiebedarfs erbracht wird, eine Effizienzgebäude EE-Klasse erreicht werden. Um hierfür eine zusätzliche Förderung beantragen zu können, werden zusätzliche Anforderungen an das Gebäude gestellt. Beispielsweise ist der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für bestimmte Nutzungszonen verpflichtend. Aufgrund des wirtschaftlichen und technischen Aufwandes, der die Installation einer neuen Lüftungsanlage i. d. R. mit sich bringt, wurde diese Maßnahme zunächst nicht als Einzelmaßnahme vorgeschlagen.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Komplettsanierung zum Effizienzgebäude kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG NWG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Nichtwohngebäude einzuhalten.

BEG Nichtwohngebäude – Neubau und Sanierung	
Info	Neubau und Komplettsanierungen von NWG zum Effizienzhaus auf Grundlage des GEG
Förderhöhe Sanierung	
70	25,0 %
70-EE	27,5 %
Förderbetrag	Max 2.000 € pro m ² NGF (max. 10 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 232.209 € (bei Umsetzung der Sanierung zum EG 70) beantragt werden.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 37 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9

Gesamtinvestitionen	928.834 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	355.130 EUR
Mögliche Fördermittel	232.209 EUR
Mögliche Fördermittel unter Berücksichtigung des EE-Bonus	255.429 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	573.704 EUR

GEG- und BEG-Anforderungen

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Nutzung	Nichtwohngebäude
Beheiztes Gebäudevolumen V_e	5353,3 m ³
Hüllfläche A	3190,7 m ²
Nettogrundfläche A_{NGF}	1390,6 m ²
Fensterfläche	321,8 m ²
Außentürfläche	35,4 m ²
Bauart des Gebäudes	nicht leichte Bauart
Gebäudetyp	freistehend

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	41,3	<input checked="" type="checkbox"/> 174,2	124,4	<input checked="" type="checkbox"/> 49,8	<input checked="" type="checkbox"/> 68,4	<input checked="" type="checkbox"/> 87,1	<input checked="" type="checkbox"/> 124,4	<input checked="" type="checkbox"/> 199,1
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,24	<input checked="" type="checkbox"/> 0,56		<input type="checkbox"/> 0,18	<input type="checkbox"/> 0,22	<input checked="" type="checkbox"/> 0,26	<input checked="" type="checkbox"/> 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	0,95	<input checked="" type="checkbox"/> 2,66		<input checked="" type="checkbox"/> 1,00	<input checked="" type="checkbox"/> 1,20	<input checked="" type="checkbox"/> 1,40	<input checked="" type="checkbox"/> 1,80	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	1,3	<input checked="" type="checkbox"/> 4,3		<input checked="" type="checkbox"/> 1,6	<input checked="" type="checkbox"/> 2,0	<input checked="" type="checkbox"/> 2,4	<input checked="" type="checkbox"/> 3,0	

* EH 100 für Bestandsgebäude wurde nur bis zum 28.07.2022 gefördert.

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Fernwärme	132372	76,5

- Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).
- EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 76,5%

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Außenstelle der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf in Lönigen. Für den vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Gebäudes durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik aufgenommen, sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 8 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 27 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch eine Außenwanddämmung. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 22 % (mehr als 5 Tonnen pro Jahr) gesenkt werden.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 60 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 67 % (fast 17 Tonnen pro Jahr) im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Zudem könnte dann ein Effizienzgebäude-Standard 70-EE erreicht werden.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem die Dämmung der Außenwände an.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO₂-Emissionen auch bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht gänzlich vermieden werden und liegen bei knapp 7 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strommix im Laufe der nächsten Jahre voraussichtlich deutlich verbessern und die anzusetzenden CO₂-Emissionen pro kWh Strom werden weiter sinken. Damit das Ziel der Treibhausgasneutralität tatsächlich erreicht wird, sind für die zunächst verbleibenden Emissionen Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen. Diese könnten z. B. der Bau und Betrieb eigener regenerativer Energieerzeugungsanlagen wie Windenergieanlagen oder Freiflächen PV-Anlagen sein. Auch eine Beteiligung an solchen Anlagen könnte zur bilanziellen Treibhausgasneutralität führen.

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.

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 ab-

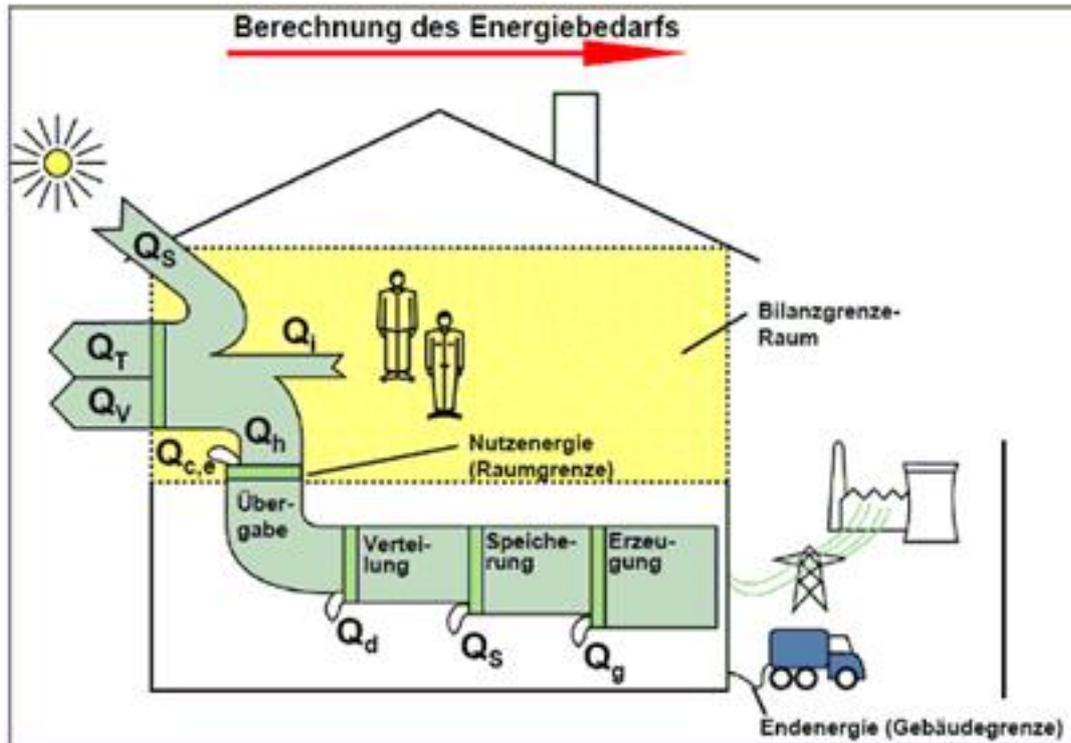


Abbildung 50 Primärenergie

gerechnet 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 (Leistungsverlust 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 anhand 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.

Heizwert / Brennwert

Der Heizwert gibt an, wie viel Energie ein Stoff enthält, wenn diese durch einfaches Verbrennen als Wärme nutzbar gemacht wird. Die im Abgas befindliche Energie entweicht hierbei ungenutzt. Durch den Einsatz der Brennwerttechnik kann jedoch auch den Verbrennungsabgasen Energie entzogen werden. Der Brennwert liegt daher höher als der Heizwert.