



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

FÜR DAS „CLEMENS-AUGUST-GYMNASIUM“ (ALTBAU) IN CLOPPENBURG

Auftraggeber
Kreis Cloppenburg
Eschstr. 29
49661 Cloppenburg

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Greven, den 22.12.2022

Ansprechpartner: Christof Kattenbeck



LANDKREIS
CLOPPENBURG
WIRISTHIER.

 **energielenker**
Für Klima und Zukunft

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	5
1 Einleitung.....	6
2 Zusammenfassung	7
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	7
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	9
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	10
2.4 GESAMTÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	11
3 Ausgangssituation.....	12
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	12
3.2 FOTODOKUMENTATION	13
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	15
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	19
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	19
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	20
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	22
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung.....	22
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	24
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	25
3.7.1 Heizungsanlage.....	25
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	25
3.7.3 Beleuchtung	25
3.7.4 Lüftungstechnik.....	25
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	26
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	26
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	26
3.8.3 Energiekosten	28
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	29
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	29
4 Sanierungsvarianten.....	30
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	30
4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH	31

4.3	SV 2: LED-BELEUCHTUNG	35
4.4	SV 3: SOLE-WÄRMEPUMPE FÜR HEIZUNG.....	39
4.5	SV 4: PASSAGE-SANIERUNG.....	43
4.6	SV 5: AUßENWANDDÄMMUNG DER ERWEITERUNG	47
4.7	SV 6: DACHDÄMMUNG DER ERWEITERUNG	51
4.8	SV 7: SCHRÄGDACHDÄMMUNG DES ALTBAUS	55
4.9	SV 8: FLACHDACHDÄMMUNG DES ALTBAUS.....	59
4.10	SV 9: MAßNAHMENKOMBINATION	62
5	Fazit	65
6	Anhang.....	66
A.1	GLOSSAR	66

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Angepasster Auszug des Denkmalatlas Niedersachsen, Altbau links, Erweiterung rechts.....	12
Abbildung 2 3D-Ansicht des CAGs	15
Abbildung 3 Nutzungszonen	16
Abbildung 4 Grundriss EG, zониert.....	16
Abbildung 5 Grundriss 1.OG, zониert.....	17
Abbildung 6 Grundriss 2.OG, zониert.....	17
Abbildung 7 Grundriss DG, zониert	18
Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	20
Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	21
Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes	27
Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	28
Abbildung 12 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Clemens-August-Gymnasiums....	28
Abbildung 13: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	33
Abbildung 14: Beispiel eines Klassenzimmers mit alter Beleuchtung.....	35
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	37
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	41
Abbildung 17: Passage zwischen den Altbau und die 1978 gebaute Erweiterung	43
Abbildung 18: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	45
Abbildung 19: Süd-West Ecke des Erweiterungsgebäudes	47
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	49
Abbildung 21: beschädigte Zwischensparrendämmung	51
Abbildung 22 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6	53
Abbildung 23: Einsicht im unbeheizten Dachboden.....	55
Abbildung 24 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7	57
Abbildung 25 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8	60
Abbildung 26 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 9	63
Abbildung 27 Berechnung des Energiebedarfs	67

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	13
Tabelle 2 Zonierung.....	15
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	19
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte, Vergleich mit dem Gebäudetyp Schulen mit Turnhalle	20
Tabelle 5 Gebäudekennwerte vom Altbau.....	22
Tabelle 6: Gebäudekennwerte der Erweiterung	23
Tabelle 8 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599.....	26
Tabelle 10 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a	27
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (Preise vor der Energiekrise).....	28
Tabelle 11 Bezugskosten nach Energieträger (aktuelle Preise während der Energiekrise).....	29
Tabelle 13 Globale Daten zur Ökonomie.....	29
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	33
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 1	33
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	38
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 2	38
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	42
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 3	42
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	46
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 4	46
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	50
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 5	50
Tabelle 23 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6	54
Tabelle 24 Einsparpotenzial, SV 6	54
Tabelle 23 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7	58
Tabelle 24 Einsparpotenzial, SV 7	58
Tabelle 23 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8	61
Tabelle 24 Einsparpotenzial, SV 8	61
Tabelle 25 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9	64
Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 9	64

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für das Clemens-August-Gymnasium (Altbau + NWT-Erweiterung von 1978) Cloppenburg 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:

Var.1 - Fenster- und Außentürentausch

Var.2 - LED Beleuchtung

Var.3 - Einbau Wärmepumpe

Var.4 - Passage-Sanierung

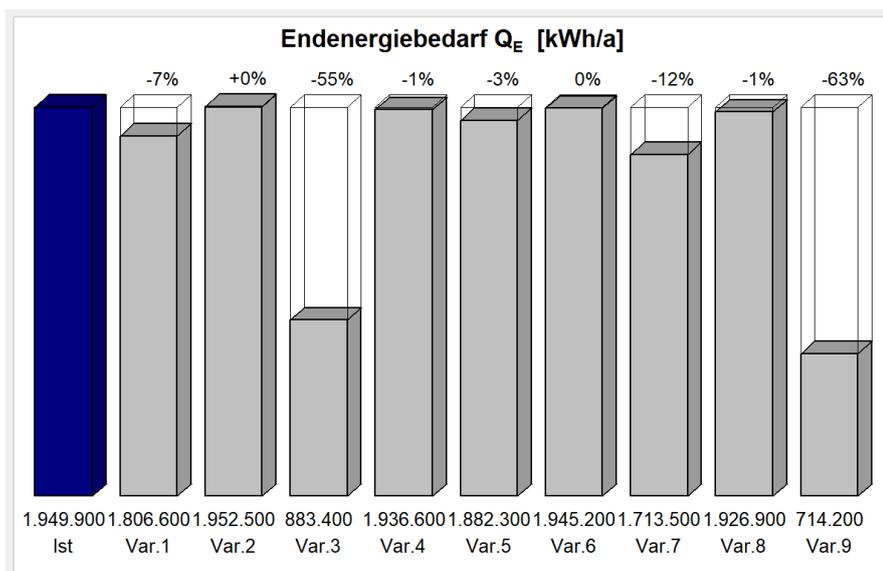
Var.5 - Außenwanddämmung Erweiterung

Var.6 - Dachdämmung Erweiterung

Var.7 - Schrägdachdämmung Altbau

Var.8 - Flachdachdämmung Altbau

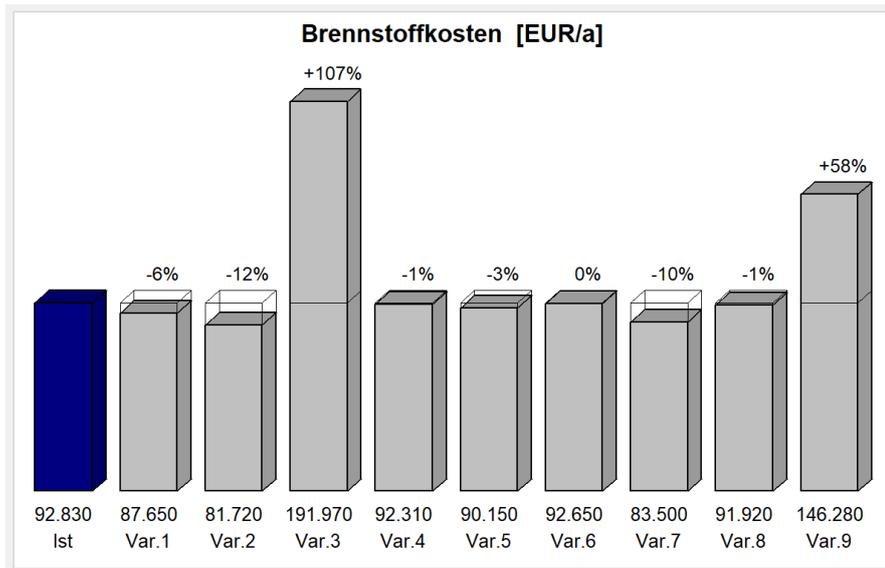
Var.9 - Maßnahmenkombination



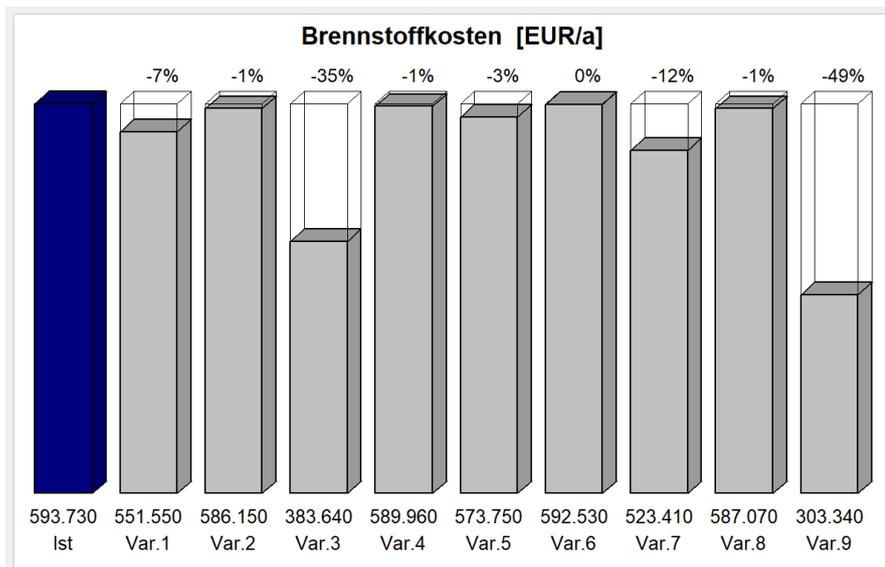
Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt. Wie in Kap. 4.4 beschrieben, führt die Wärmepumpe (Var.3 und 9) bei den Bestands-Preisen noch zu einer Erhöhung der Brennstoffkosten. Bei aktuell ortsüblichen Energiepreisen reduzieren sich die Kosten durch die Wärmepumpe deutlich.

- Var.1 - Fenster- und Türentausch
- Var.2 - LED Beleuchtung
- Var.3 - Einbau Wärmepumpe
- Var.4 - Passage-Sanierung
- Var.5 - Außendämmung Erweiterung
- Var.6 - Dachdämmung Erweiterung
- Var.7 - Schrägdachdämmung Altbau
- Var.8 - Flachdachdämmung Altbau
- Var.9 - Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



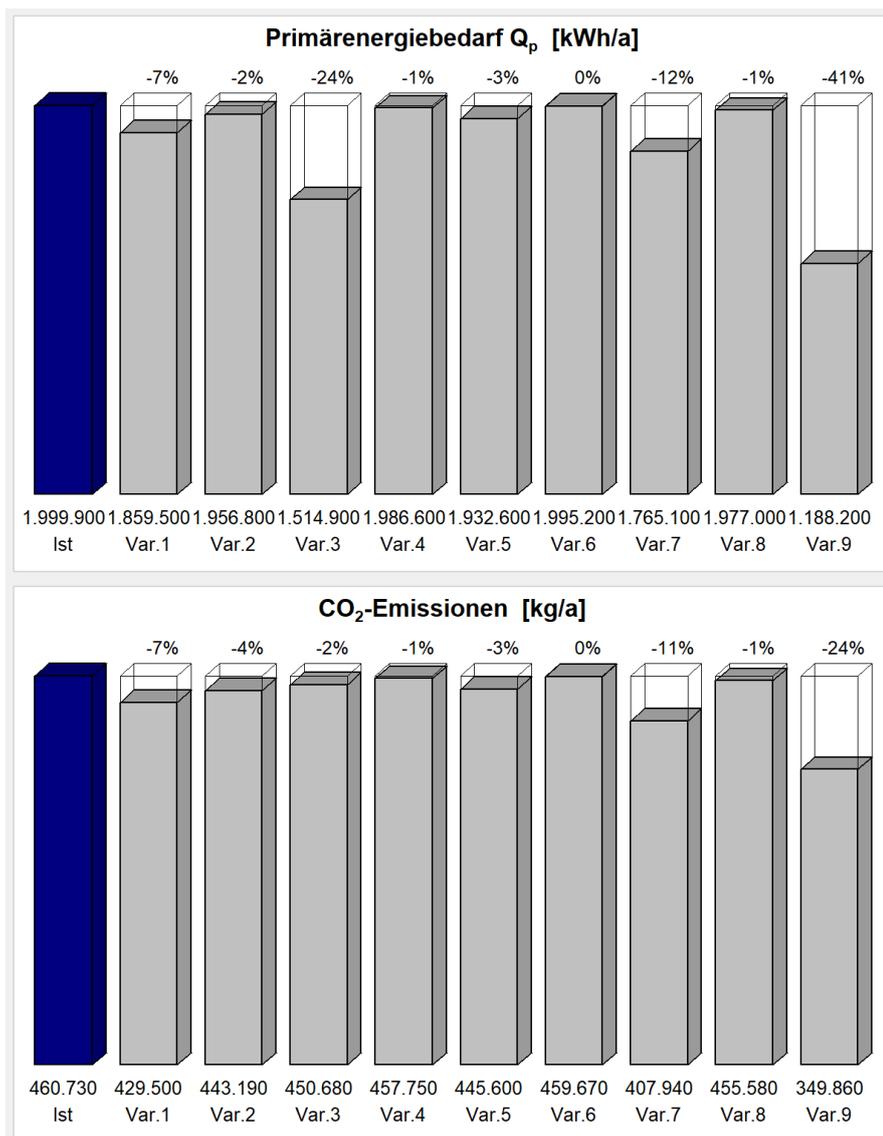
Brennstoffkosten nach neuen Preisen:



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.

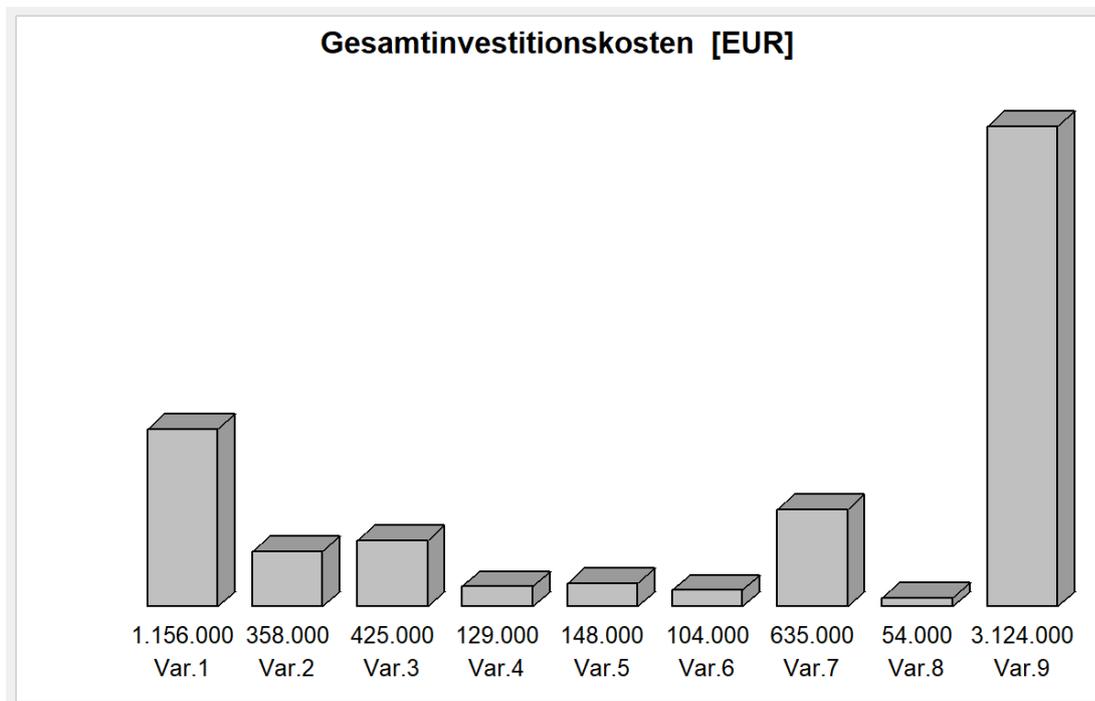
- Var.1 - Fenster- und Türentausch
- Var.2 - LED Beleuchtung
- Var.3 - Einbau Wärmepumpe
- Var.4 - Passage-Sanierung
- Var.5 - Außendämmung Erweiterung
- Var.6 - Dachdämmung Erweiterung
- Var.7 - Schrägdachdämmung Altbau
- Var.8 - Flachdachdämmung Altbau
- Var.9 - Maßnahmenkombination



2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt. In den Kapiteln der jeweiligen Sanierungsvarianten werden die betrachteten Leistungen und Kosten genauer aufgeführt.

- Var.1 - Fenster- und Türentausch
- Var.2 - LED Beleuchtung
- Var.3 - Einbau Wärmepumpe
- Var.4 - Passage-Sanierung
- Var.5 - Außendämmung Erweiterung
- Var.6 - Dachdämmung Erweiterung
- Var.7 - Schrägdachdämmung Altbau
- Var.8 - Flachdachdämmung Altbau
- Var.9 - Maßnahmenkombination



2.4 GESAMTÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Wie in Kapitel 2.1 und in Kapitel 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die folgende Tabelle bezieht sich auf die neuen Brennstoffpreise.

Sanierungsmaßnahme	Investitionskosten	Amortisationszeit	Energiekosten nach Umsetzung	Endenergiebedarf nach Umsetzung	Primärenergiebedarf nach Umsetzung	CO ₂ -Emissionen nach Umsetzung	Energiekostensparnis	Endenergieeinsparung	Primärenergieeinsparung	CO ₂ Vermeidung
	[€]	{Jahr}	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/a]	[€/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/a]
IST-ZUSTAND			593.949 €	1.949.948	1.999.883	460.731				
V1 Fenster- und Türentausch	1.156.000 €	9	551.551 €	1.806.634	1.859.510	429.496	42.398 €	143.314	140.373	31.235
V2 LED-Beleuchtung	358.000 €	10	586.147 €	1.952.506	1.956.838	443.188	7.802 €	-2.558	43.045	17.543
V3 Sole/Wasser Wärmepumpe	540.000 €	2	383.637 €	883.450	1.514.913	450.676	210.312 €	1.066.498	484.970	10.055
V4 Passage-Sanierung	129.000 €	8	589.961 €	1.936.586	1.986.611	457.745	3.988 €	13.362	13.272	2.986
V5 Außendämmung Erweiterung	148.000 €	1	573.748 €	1.882.264	1.932.645	445.604	20.201 €	67.684	67.238	15.127
V6 Dachsanierung Erweiterung	104.000 €	17	592.530 €	1.945.195	1.995.162	459.669	1.419 €	4.753	4.721	1.062
V7 Satteldachsanierung Altbau	635.0000 €	8	523.409 €	1.713.521	1.765.137	407.942	70.540 €	236.427	234.746	52.789
V8 Flachdachsanierung Altbau	54.000 €	2	587.074 €	1.926.913	1.977.001	455.583	6.875 €	23.035	22.882	5.148
Maßnahmenkombination	3.124.000 €	5 Jahre	303.337 €	714.192	1.188.248	349.857	290.612 €	1.235.756	811.635	110.874

3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Das Clemens-August-Gymnasium liegt zwischen der Bahnhofstraße und der Schulstraße im Zentrum von Cloppenburg. Das Gymnasium ist 1914 gegründet worden und der Bau des Gebäudes wurde 1918 vollendet. Der zweigeschossige neoklassizistische Putzbau steht unter Denkmalschutz.

1978 ist eine Erweiterung des Gebäudes mit naturwissenschaftlichen Klassenräumen entstanden.



Abbildung 1: Angepasster Auszug des Denkmalatlas Niedersachsen, Altbau links, Erweiterung rechts

Beide Gebäude bestehen aus vier Geschossen (vom Erdgeschoss bis Dachgeschoss) und sind mit einer Passage auf dem 1. Obergeschoss verbunden. Die Gebäude sind nicht unterkellert.

Nur ein Teil des Hauptgebäude-Dachgeschosses ist beheizt. Das Geschoss ist noch im Umbau.

Die Heizungsanlage des Gebäudes wurde 2009 erneuert und die Schule wird nun über zwei Gas-Brennwertkessel mit einer Nennleistung von 285 kW und 370 kW versorgt. Zur Warmwasserversorgung dient ein im Heizraum eingebauter 500 Liter Speicher, sowie einige dezentrale strombetriebene Warmwasserspeicher bzw. Durchlauferhitzer. Das Gebäude verfügt über ca. 15 Lüftungsanlagen, die vor allem die Abluft der Chemieschränke und Digestoren gewährleisten und damit für die Bewertung der Raumklimatisierung nicht betrachtet werden.

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Clemens-August-Gymnasium - Altbau	
Gebäudetyp	Schulgebäude	
Straße, Hausnr.	Bahnhofstraße 53	
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg	
Baujahr	1918/ 1978 (Erweiterung um naturwissenschaftlichen Trakt)	
Beheiztes Gebäudevolumen V		31.916 m ³
Nettogrundfläche ANGF		7423 m ²
Thermische Hüllfläche		11.015 m ²
Mittlere Geschosshöhe		ca. 3,50 m

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

3.2 FOTODOKUMENTATION





3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

Die Abbildung 2 zeigt die 3D-Ansicht des Gebäudes.



Abbildung 2 3D-Ansicht des CAGs

In Tabelle 2 sind die einzelnen Zonen mit der jeweiligen Größe und der Konditionierung dargestellt.

Tabelle 2 Zonierung

Zone	Konditionierung		Größe in m ²	Anteilige Größe in %
	Thermische Konditionierung	Beleuchtung		
Einzelbüro Nutzungsprofil N°1 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	468	6,3
Kantine Nutzungsprofil N°12 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - kompakt, KVG	113	1,52
Sonstige Aufenthaltsräume Nutzungsprofil N°17 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - stabförmig, EVG*	599	8,07
Verkehrsfläche Nutzungsprofil N°19 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	1.902	25,63
WC (und Sanitärräume) Nutzungsprofil N°16 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	310	4,17
Klassenzimmer Nutzungsprofil N°8 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG LED	2.395	32,26
Lager Nutzungsprofil N°20 ²	beheizt/unbe- heizt	Leuchtstofflampen - kompakt, KVG	940	12,66
Sporthalle Nutzungsprofil N°31 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	696	9,38
Summe			7.423	100

*Glühbirne in der Aula

² Nach DIN V 18599

Aus Abbildung 3 sind die verschiedenen Nutzungszonen mit den jeweiligen gewählten Farben zu entnehmen:

Zonen nach DIN V 18599

■	Lager
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Einzelbüro
■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
■	Kantine
■	Sporthalle
■	Verkehrsfläche
■	Sonstige Aufenthaltsräume
■	unbeheizte Fläche

Abbildung 3 Nutzungszonen

In den folgenden Abbildungen sind die zonierte Grundrisse zu sehen:

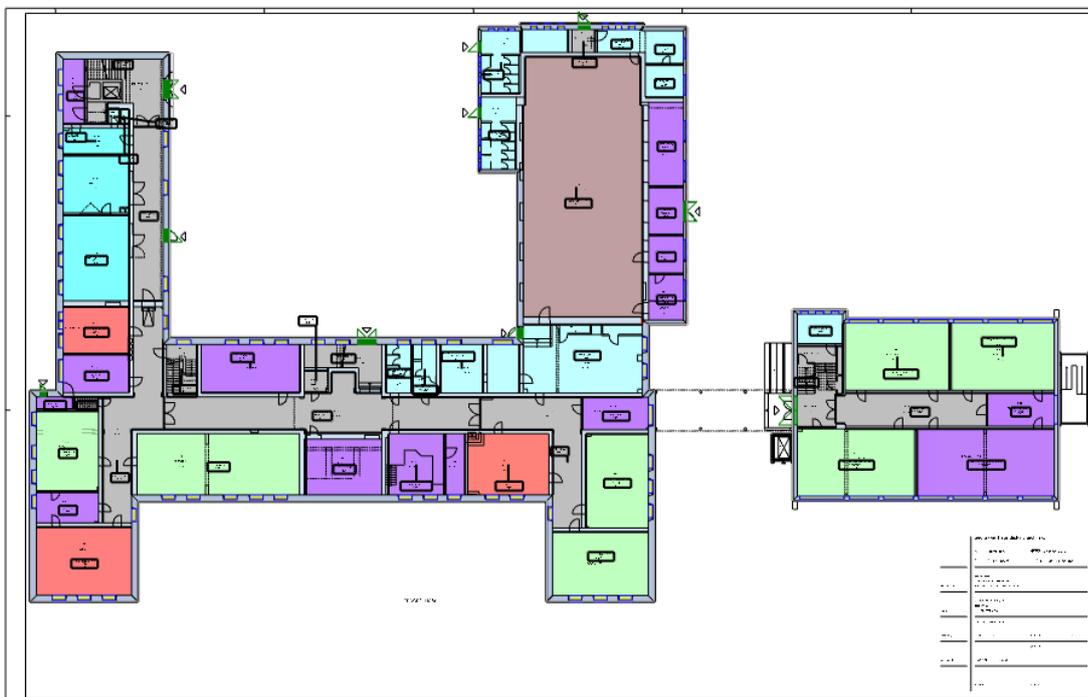


Abbildung 4 Grundriss EG, zoniert

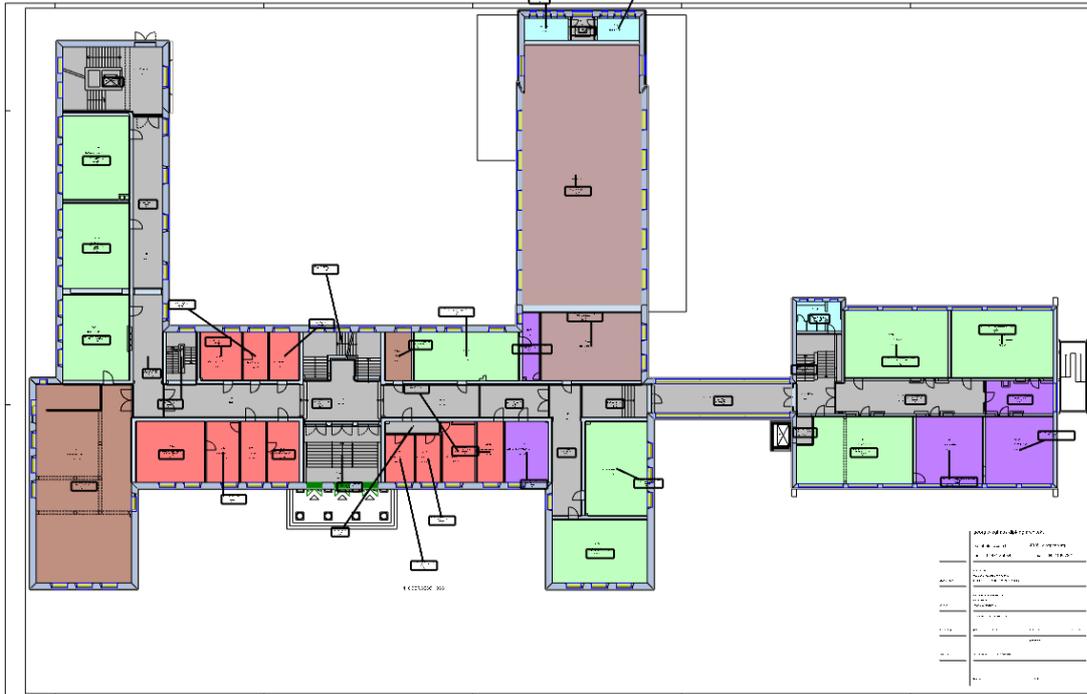


Abbildung 5 Grundriss 1.OG, zoniert



Abbildung 6 Grundriss 2.OG, zoniert

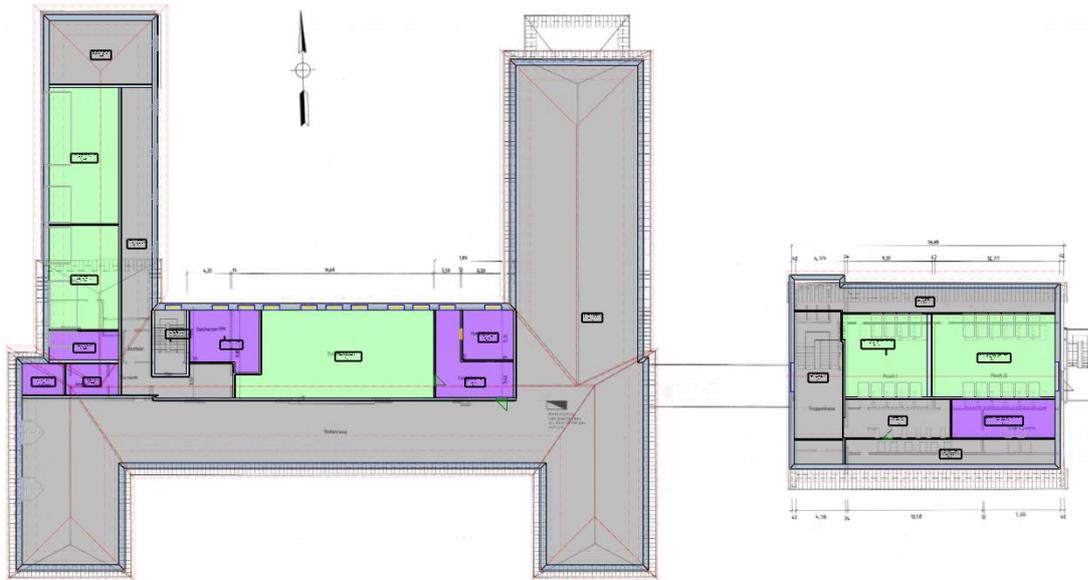


Abbildung 7 Grundriss DG, zoniert

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. Dies schließt das separat betrachtete 2006 gebaute Atrium-Gebäude mit ein (vgl. Beratungsbericht CAG Nebengebäude). Um die Verbräuche besser einordnen zu können, sollte der Landkreis Cloppenburg in der Zukunft eigene Messungen für die einzelnen Gebäude durchführen.

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.

Der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser aus den Jahren 2016, 2017 und 2018 des CAGs zu entnehmen.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
<i>klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]</i>	730.316	775.396	814.350	773.354
<i>Strom [kWh/a]</i>	117.272	122.890	116.760	120.081
<i>Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]</i>	847.588	898.286	931.110	892.328
<i>Wasser [m³/a]</i>	1638	1599	933	1619

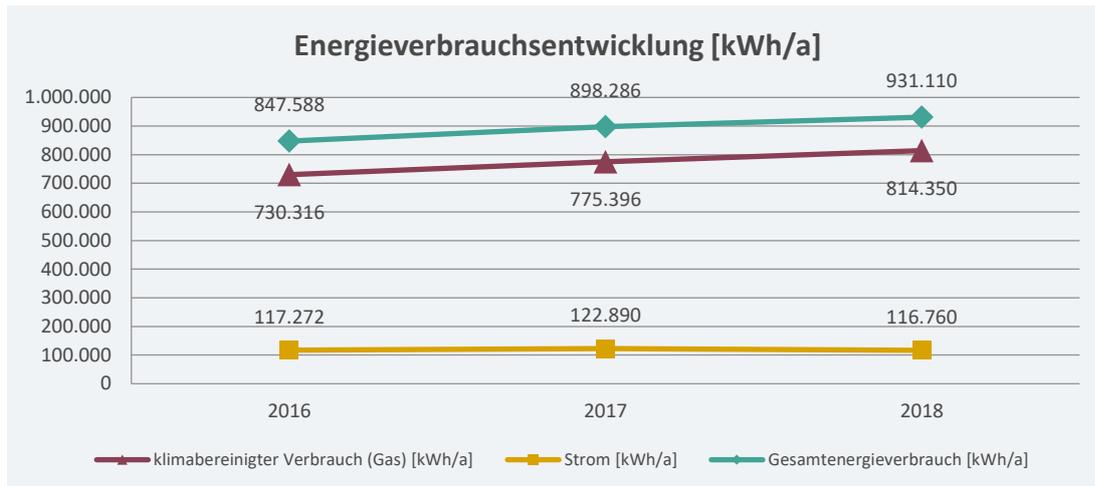


Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

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 des Clemens-August-Gymnasiums inklusive des Nebengebäudes mit insgesamt 11.449 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.³

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte, Vergleich mit dem Gebäudetyp Schulen mit Turnhalle

Energieträger	Schule mit Turnhalle		
	Energieverbrauchskennwerte in [kWh/m ² NGFa] bzw. für das Wasser [dm ³ /m ² NGFa]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	16	11
Wärme	62	104	99
Wasser	70	218	140

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

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

³ 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)

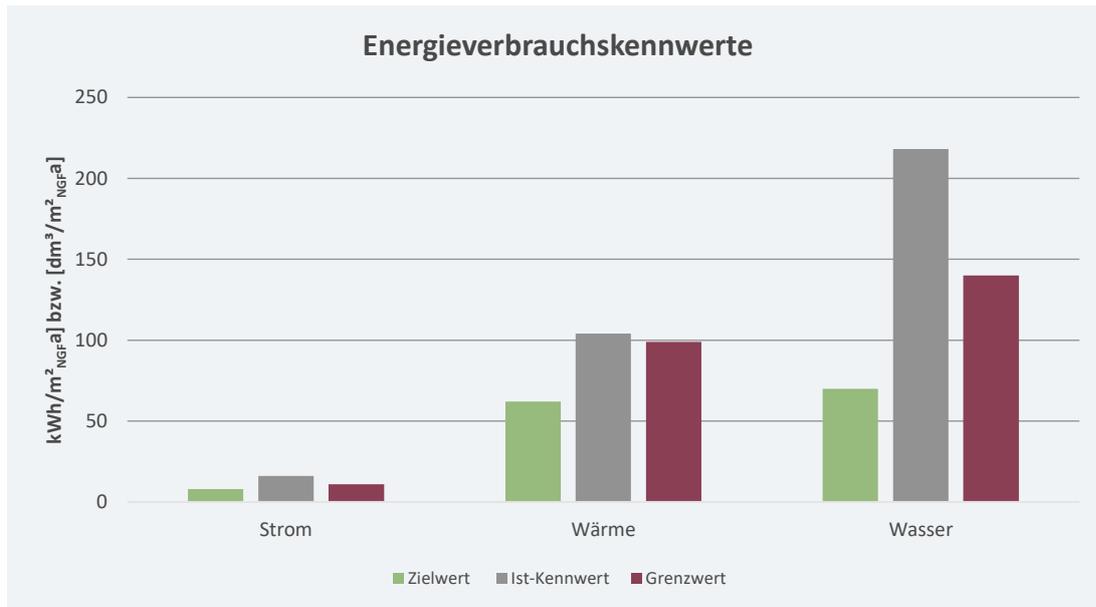


Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser sind höher als die Grenzwerte. Die Dämmmaßnahme an der Gebäudehülle würden den Wärmeverbrauchskennwert näher an den Zielwert bringen.

Aufgrund der großen Grünflächenanlagen des Gebäudes liegt der Wasserverbrauch höher, als erwartet. Um den Wasserverbrauch zu senken, können Durchflussbegrenzer in den WC-Räumen und Sparduschköpfe für die Duschen in den Umkleidekabinen eingesetzt werden.

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 getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe⁴ und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

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

Die Tabelle 5 listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten Bestandsdaten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) und der BEG⁵ mit angegeben⁶. Für Baudenkmäler gelten die Anforderungen des GEGs. Von den Anforderungen kann abgewichen werden, wenn „das Erscheinungsbild beeinträchtigt [wird] oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen“ (§ 105 Absatz 1 Satz 1 GEG). Die technischen Mindestanforderungen bei Denkmälern für eine BEG-Förderung sind teilweise geringer. Diese sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5 Gebäudekennwerte vom Altbau

Bauteil Hauptgebäude	U-Wert [W/(m ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁷	BEG-Förderung ⁸
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
Bodenplatte	1,60	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Decken gegen unbeheizte Räume sowie Kellerdecken</i>			
Boden über unbeheizte Räume	2,10	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand Naturstein	2,00	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Flachdächer (Sporttrakt)	1,30	0,20	0,14
Satteldächer N-W Trakt	0,27	0,24	0,14

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

⁵ Bundesförderung für Effiziente Gebäude

⁶ Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß GEG Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen. Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten Uw-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

⁷ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der GEG 2020 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet.

⁸ Die Mindestanforderungen an U-Werte für BEG-Förderung gelten nicht für die Förderung von Neubau und Sanierung von Effizienzgebäuden gem. BEG-Richtlinie (BEG NWG). Die Anforderungen Stand Dezember 2021 mit Änderung vom 21.07.2022 und vom 21. September 2022 können jederzeit aktualisiert werden.

<i>Bauteiltyp: Oberste Geschossdecken und Wände (einschließlich Abseitenwände) gegen unbeheizte Dachräume</i>			
Oberste Geschossdecke	0,46	0,24	0,14
Abseitenwände gegen unbeheizt	1,30	0,24	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Fenster, Holzfenster	2,70	1,30	0,95
Fenster, Gaubenfenster	1,30	1,30	0,95
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	2,60	1,80	1,30
Außentüren Sporttrakt	2,40	1,80	1,30

Tabelle 6: Gebäudekennwerte der Erweiterung

Bauteil Erweiterung	U-Wert [W/(m²K)]		
	Ist-Zustand	GEG⁹	BEG-Förderung¹⁰
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
Bodenplatte	1,20	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Geschossdecken gegen Außenluft von unten</i>			
Boden Passage über Außenluft	0,50	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand	1,00	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Oberste Geschossdecken und Wände (einschließlich Abseitenwände) gegen unbeheizte Dachräume</i>			
Flachdach Passage	0,50	0,20	0,14
Satteldächer	0,27	0,24	0,14
Abseitenwände gegen Unbeheizt	1,30	0,24	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Fenster, Holzfenster	1,60	1,30	0,95
Fenster, Alufenster (auch Passage)	1,90	1,30	0,95
<i>Bauteiltyp: Dachflächenfenster</i>			
Dachfenster, Klassenzimmer	1,20	1,40	1,0
Dachfenster, Nebenräume	2,70	1,40	1,0
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	1,30	1,80	1,30

9 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.

10 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 September 2021 können jederzeit aktualisiert werden.

Die U-Werte für die Bauteile, für die keine genauen Schichtaufbauten vorliegen, werden entsprechend des Baualters eingestuft. Sollten konkrete Bauteilbeschreibungen vorliegen, werden diese Berücksichtigung finden.

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. Bauteilchwächungen 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.

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung	2x Gas-Brennwertkessel Viessmann Vitocrossal 200 Energieträger Erdgas Baujahr 2009 285 kW + 370 kW Nennleistung
Verteilung	2-Rohrleitungen-Heizung Hydraulischer Abgleich nicht durchgeführt Leitungen gedämmt Umwälzpumpen geregelt
Übergabe	Übergabe an die Zonen über Heizkörper, mit Thermostatköpfe (außer in der Turnhalle)
Warmwasser	Warmwasserbereitung zum Großteil durch die Heizungsanlage

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt zum Großteil über die Heizungsanlage (Brennwertkessel). Im Heizraum steht ein gedämmter 500 Liter Speicher (Viessmann Vitocell 100-L). Dazu wurden folgende dezentrale Warmwasserbereiter identifiziert:

Im Altbau:

- Ein 50l WW Speicher ist im Lagerraum hinter der Küche im Erdgeschoss
- Ein 5l Untertischgerät ist in der Teeküche des Lehrerzimmers im 1. OG
- Ein 5l Untertischgerät ist in der Teeküche gegenüber des Verwaltungstraktes im 1. OG

In der Erweiterung:

- 5l Untertischgerät Raum C104
- 5l Wandgerät Raum 206 (Mädchen WC)
- Wandgerät in Raum C304

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt überwiegend (für fast 75 % der Fläche) durch Leuchtstoffröhren oder Kompaktleuchtstofflampen mit KVG (Konventionellem Vorschaltgerät), vereinzelt mit EVG (Elektronischem Vorschaltgerät), Glühlampen (in der Aula) und LED-Leuchten (vgl. Kap. 0).

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

Die vorhandenen Lüftungsanlagen dienen nicht der Raumkonditionierung, sondern der Entlüftung der Digestoren und Chemieschränke, oder der Mensa. Sie werden also nicht in der Bewertung der Gebäudeeffizienz betrachtet.

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

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO₂ und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung ist auch nötig, um Schimmelbildung durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt austretende Schadstoffe aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen zu entfernen.

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 ingenieurtechnische 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 7 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599

Energiebedarfskennwerte¹¹ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
<i>spez. Endenergiebedarf Heizung</i>	252
<i>Endenergiebedarf Warmwasser</i>	0,03
<i>Beleuchtungsstrom</i>	10,70
<i>Strom für die Lüftungsanlagen</i>	0

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

3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss der vorhandene Energieverbrauch beurteilt werden. Verbraucht das Gebäude viel oder wenig Energie? Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?

Die Antwort auf diese Fragen gibt eine Energiebilanz. 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) –

¹¹ siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

sowie der Lüftungsverluste können Sie der nachfolgenden Tabelle und den Diagrammen entnehmen.

Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	285.736	20,8
Außenwand	645.936	47,0
Fenster	269.431	19,6
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	174.504	12,7
Gesamt	1.375.607	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	494.411	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt (Heizung + Warmwasser)	509.651	100,0

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.

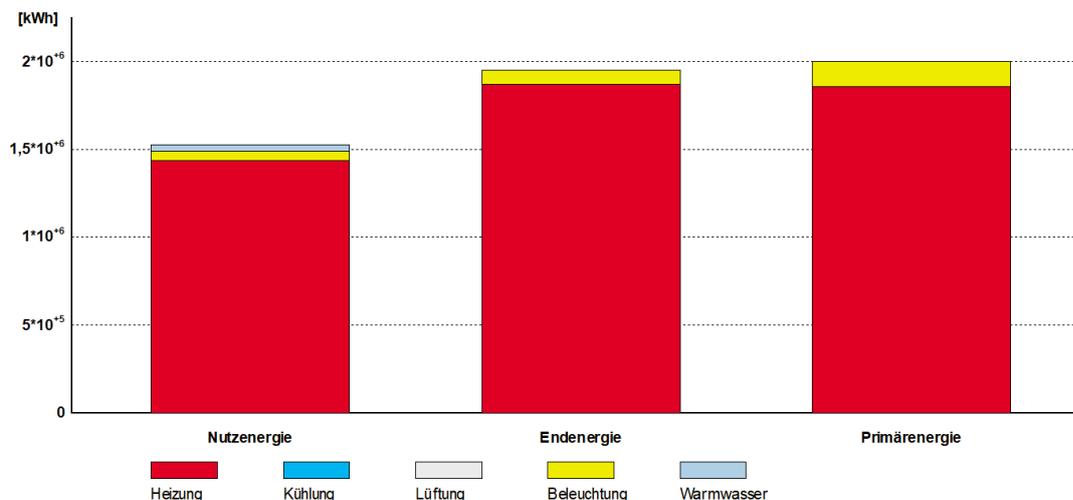


Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 269,4 kWh/m²a.

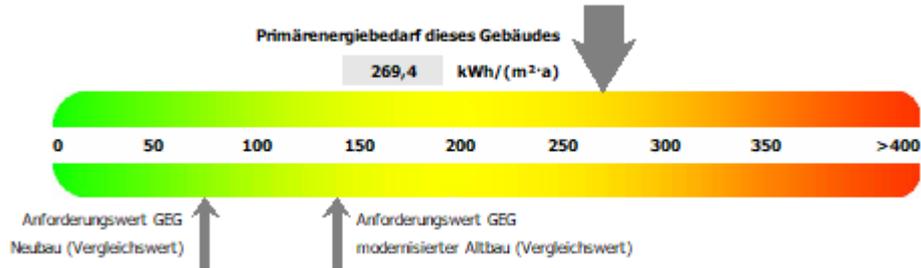


Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand des Clemens-August-Gymnasiums ist dem Baualter entsprechend mittelmäßig. Die nachfolgende Abbildung 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.

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_P	kWh/m ² a	160,1	139,0	99,3	39,7	54,6	69,5	99,3	158,9
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,94	0,56		0,18	0,22	0,26	0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	0,91	2,66		1,00	1,20	1,40	1,80	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	1,1	4,3		1,6	2,0	2,4	3,0	

Abbildung 12 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Clemens-August-Gymnasiums

Aus Abbildung 12 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand **keinen** Effizienzgebäude-Standard erfüllt.

3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Arbeitspreis je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 9 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg. Da diese Werte deutlich niedriger sind, als aktuelle, ortsübliche Tarife, sind in Tabelle 10 Werte aus aktuellen Tarifen abgebildet. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger (Preise vor der Energiekrise)

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.

Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (aktuelle Preise während der Energiekrise)

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

Anmerkung: Die 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).

Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	3,00
jährliche Preissteigerung [%]	4,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

Anmerkung: Zinssatz wurde mit dem Landkreis Cloppenburg abgestimmt.

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.

Dieser Faktor sorgt dafür, dass Gas in der Zukunft ein immer unattraktiverer Energieträger wird, und Gebäude vermehrt durch andere Möglichkeiten 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 sind auch die Kosten für kleinere Nebenarbeiten 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 - Fenster- und Türentausch

Var.2 - LED Beleuchtung

Var.3 - Einbau Wärmepumpe

Var.4 - Passage-Sanierung

Var.5 - Außendämmung Erweiterung

Var.6 - Dachdämmung Erweiterung

Var.7 - Schrägdachdämmung Altbau

Var.8 - Flachdachdämmung Altbau

Var.9 - Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Da das Gebäude unter Denkmalschutz steht und über Außenwände aus Natursteinen verfügt, wurde keine Außenwanddämmung vorgeschlagen. Ebenso aufgrund des Denkmalschutzes, wurde keine Photovoltaikanlage in die Maßnahmenliste aufgenommen. Das Gebäude erreicht nach der gemeinsamen Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 9) keinen Effizienzgebäude-Standard.

4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Die Fenster des Hauptgebäudes stammen meistens aus den 80er Jahren und weisen daher keine guten Wärmedämmeigenschaften auf (U-Wert ca. 2,7 W/m²K, geschätzt). Die Fenster der Naturwissenschaft-Erweiterung weisen etwas bessere U-Werte auf (zwischen 1,5 und 2,0 W/m²K, geschätzt). Die genannten Fenster werden in dieser Sanierungsvariante ausgetauscht. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w-Wert von ≤ 0,95 W/m²K anzusetzen. Die Gaubenfenster des Hauptgebäudes sowie die 2020 eingebauten Dachflächenfenster der Erweiterung halten den aktuellen U_w-Wert für Fenster nach dem GEG: 1,30 W/m²K ein.

Die Fenster des Hauptgebäudes und der Erweiterung (die Glasfläche der Passage zwischen beiden Gebäuden ist in der Variante 4 betrachtet), mit einem U-Wert gleich oder größer 1,30 W/m²K werden durch eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U_w-Wert von 0,9 W/m²K ersetzt. Die getauschte Fensterfläche entspricht etwa 1.115 m² (von insgesamt ca. 1.245 m²).

Die bestehenden Außentüren werden ebenfalls durch neue Türanlagen mit einem U_w-Wert von 1,1 W/m²K ersetzt.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
<i>Einzelfenster Rückbau</i>	27,67		
<i>Holz-Einzelfenster inkl. Einbau</i>	551,51		
<i>Mehrpriis für Denkmal-kompatibel Fenster</i>	300		
Einzelfenster gesamt	900	1.015	913.500
<i>Glasfassade Rückbau</i>	27,67		
<i>Alu- Glasfassade inkl. Einbau</i>	1.143,94		
Glasfassade gesamt	1.200	100	120.000
<i>Außentüren Rückbau</i>	37,47		
<i>Tür nach Energiestandards inkl. Einbau</i>	2.068,43		
Außentüren	2.150	57	122.500
Gesamtausgaben			1.156.000

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

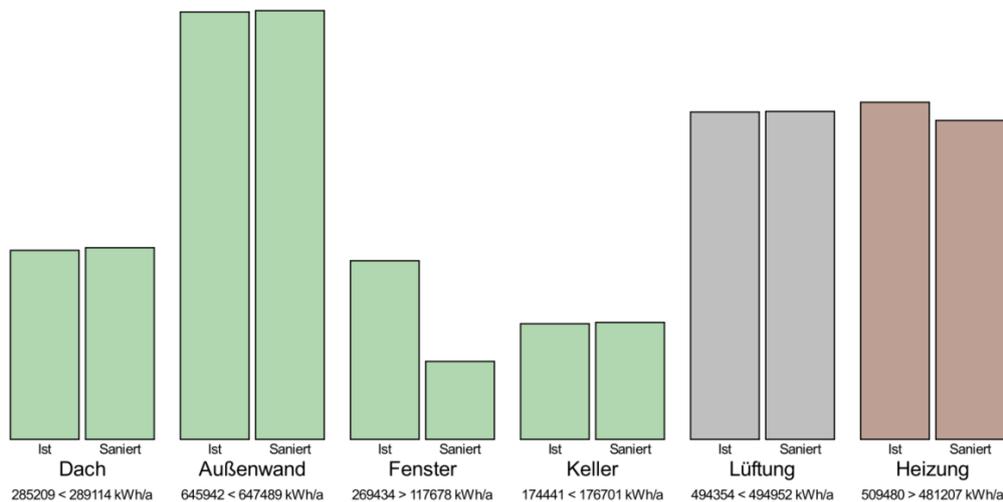
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 kann ein Zuschuss über 15% von 173.000 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.806.634 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 142.571 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 31.069 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 251 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

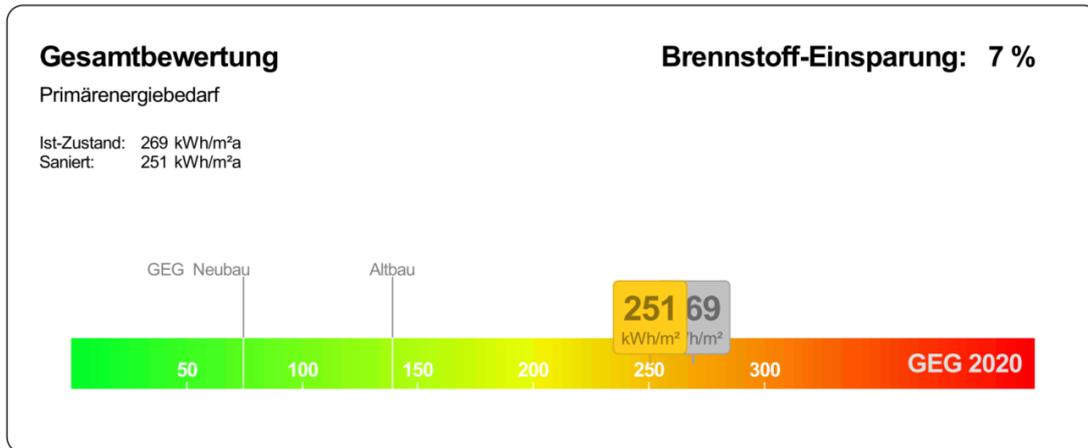


Abbildung 13: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	1.156.050 EUR
Mögliche Fördermittel	173.000 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

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

Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	18.163	18.163
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	156.375	984.008
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	174.538	1.002.171
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	165.622	1.059.649
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	57.478
Amortisationszeit	-	9 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 9 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.3 SV 2: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die vorhandenen Leuchtstoffröhren in den Nutzungsräumen durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt.

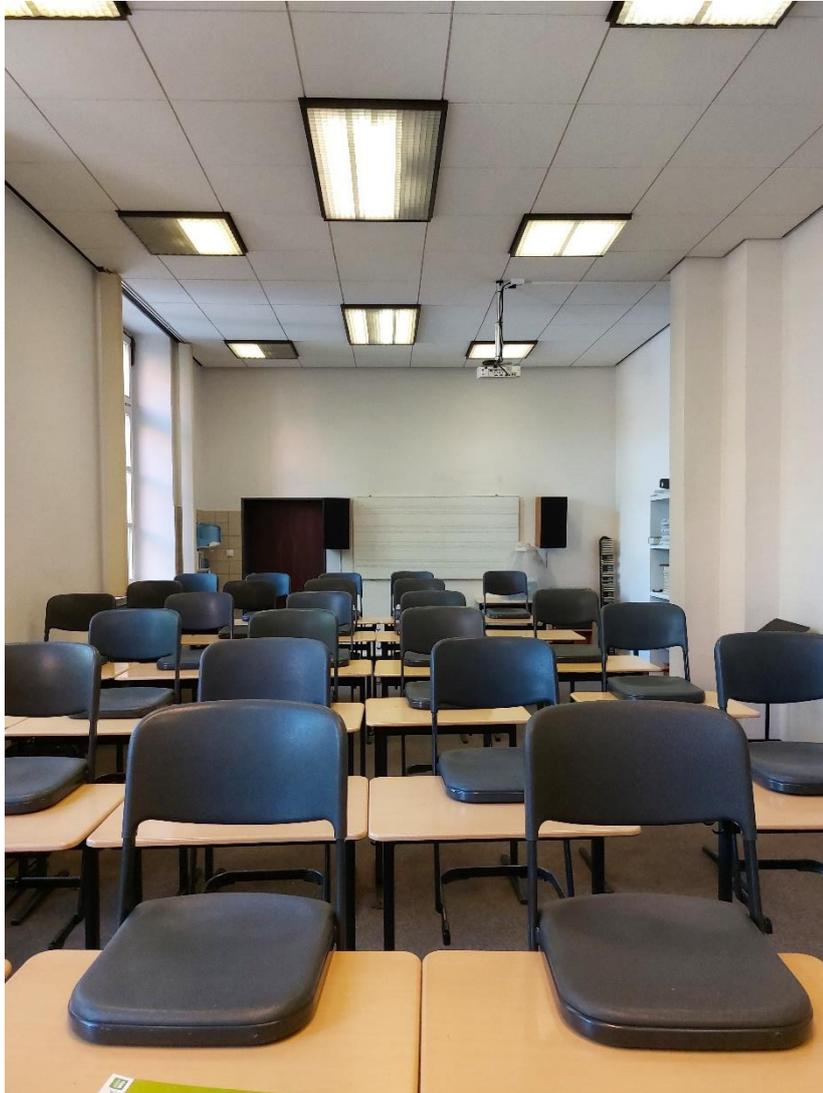


Abbildung 14: Beispiel eines Klassenzimmers mit alter Beleuchtung

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 sieht es deutlich besser aus. Hier 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 [€]
Bürofläche (inkl. Kantine u. sonstige Aufenthaltsräume)	140	498	69.720
Kantine	140	113	15.820
Sonst. Aufenthaltsräume	140	600	84.000
WC und Sanitär	90	310	27.900
Verkehrsfläche	45	1904	85.680
Lager	45	944	42.480
Sporthalle	55	576	31.680
Gesamtausgaben			358.000

Die Preise beruhen auf Licht-Berechnungen von Beispierräumen des CAGs 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.

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

Info	Gefördert wird der Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes, wie beispielsweise einer energieeffizienten raumluftechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
Förderanteil	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 53.600 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (2.9)

Info	Gefördert wird innerhalb der Kommunalrichtlinie in den investiven Förderungsschwerpunkten 2.9 "Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung" der Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung bei Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.
Förderanteil	25 % bei Innen- und Hallenbeleuchtungen Mindestzuwendung i. H. v. 5000 €
	Finanzschwache Kommunen und Antragstellende aus Braunkohlegebieten (gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020) können 40 % der förderfähigen Gesamtausgaben als Zuschuss erhalten.
Fristen	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2027.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 89.500€ (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

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 1.949.205 kWh/Jahr **erhöht** sich minimal auf 1.952.506 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit einen Mehrverbrauch von 3.301 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 17.377 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 264 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

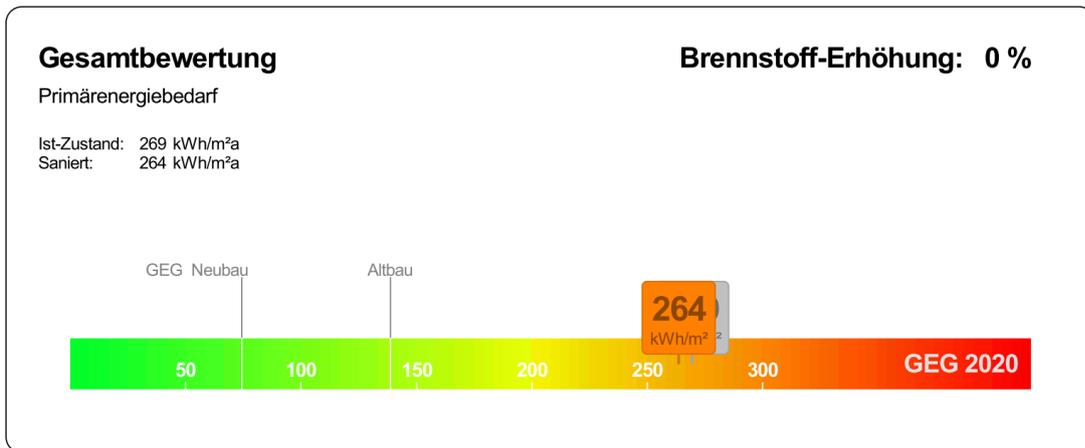


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	357.300 EUR
Mögliche Fördermittel	143.100 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	6.025	6.025
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	118.077	846.903
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	124.102	852.928
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	134.132	858.176
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	10.030	5.248
Amortisationszeit	7 Jahre	10 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb von 7 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 10 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.4 SV 3: SOLE-WÄRMEPUMPE FÜR HEIZUNG

Der kleinere der beiden Gaskessel (285 kW) wird durch eine Sole/Wasser Wärmepumpe getauscht.

Hierfür müssen mehrere Tiefen-Erdsonden abgeteuft und ein Heizungs-Pufferspeicher installiert werden. Für das Gebäude wird also eine oder mehrere Wärmepumpen mit einer Gesamtleistung von 185 kW vorgesehen und eine Vorlauftemperatur auf 55°C eingestellt. Hierdurch können bis zu 85 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden.

Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe nutzt die Energie aus dem Erdreich, um das Gebäude CO₂ sparend zu beheizen. Sie entzieht dem Erdreich thermische Energie und überträgt diese als Nutzwärme in das Gebäude.

Um den Eingriff der Geothermie-Anlage auf die vorhandenen Außenanlagen um das Gebäude zu minimieren, wird als Bauart auf Erdsonden gesetzt. Hierfür sind Tiefenbohrungen notwendig. Die Dimensionierung (Anzahl und Tiefe) der Sonden hängt maßgeblich von der Leistung der Wärmepumpe und den Randbedingungen des Standorts ab. Nach dem Online-Portal des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen¹² gibt es für das Grundstück keine Einschränkungsgründe für Geothermie (oder für Kollektoren) und der Boden eignet sich gut für Erdwärmekollektoren. Weiterhin sollten die einzelnen Sonden mindestens 6 m Abstand zueinander haben, da sie sich ansonsten gegenseitig thermisch beeinflussen können.

Bei der Umsetzung dieser Maßnahme sollte ein Fachplaner hinzugezogen werden und ein Thermischer Response Test (TRT) durchgeführt werden. Für die weitere Betrachtung in diesem Bericht werden 28 Sonden mit einer Tiefe von 100 m angenommen.

Alternativ kann anstatt der Tiefensonden auf einen Eisspeicher zurückgegriffen werden. Ein Eisspeicher besteht aus einer wassergefüllten Zisterne, die komplett unterirdisch verbaut wird. Die Zisterne selbst ist meist aus Beton und nicht isoliert. Die Wärmepumpe entzieht dem Wasser die Wärme bis dieses vollständig gefroren ist. Die Regeneration (Auftauen) des Speichers erfolgt im Wesentlichen über das umfassende Erdreich. Aber auch andere (Ab-)Wärmequellen können hierzu genutzt werden.

Wärmepumpen laufen effizienter, je niedriger die Vorlauftemperatur eingestellt wird. Für eine sehr niedrige Vorlauftemperatur ist das Gebäude aufgrund der standardmäßigen Heizkörper aktuell jedoch nicht geeignet. Daher könnte es sich lohnen, zusätzliche Heizflächen zu schaffen. Eine Möglichkeit wäre eine Deckenheizung in einer abgehängten Decke. Bei solchen Systemen reichen Vorlauftemperaturen zwischen 26°C und 38°C. Allerdings können hierbei Kosten von bis zu 200-300€/m² Decke entstehen. Wird sich für diese Maßnahme entschieden, könnte sie eventuell gut mit Variante 2 (LED-Beleuchtung) kombiniert werden. Für die weitere Betrachtung in diesem Bericht wird ein Austausch aller Heizkörper und die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs angenommen.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet. Nicht enthalten sind etwaige Kosten für die Erweiterung des Heizraums oder der Schaffung einer Unterbringung in einem separat zu errichtenden Heizungsanbau. Durch die Bohrungen der Tiefensonden können, abhängig von der Wahl des Standorts, zusätzliche Kosten für die Wiederherstellung des Urzustands entstehen, die ebenfalls nicht in den angegebenen Kosten enthalten sind.

¹² <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?TH=545.314>

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	Bezugsgröße	Summe [€]
Sole-Wasser-Wärmepumpe	$(8.850 + 520 \cdot \text{kW}) \cdot 1,25$	185 kW	132.000
Tiefensonden	$(630 + 75 \cdot \text{Länge}) \cdot 1,25$	2.275 m	261.000
Sole-Wärmepumpe gesamt			393.000
Heizkörpertausch	420€/ Stück*1,25	250 Stück	131.000
Hydraulischer Abgleich	$(1,6 \cdot \text{Fläche} + 515) \cdot 1,25$	7423 m ²	16.000
Gesamtausgaben			540.000

Die Preise 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 Leistungen
Sole-Wasser-Wärmepumpe	Wärmeerzeuger, Lieferung, Montage, Hilfsaggregate, thermische und elektrische Einbindung, Speicher, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung, hydraulischen Abgleich*, Anpassung der Heizkurven, Messung des Stromverbrauchs und der erzeugten Wärmemenge, Lohnkosten.
Tiefensonden	Lieferung und Montag der Erdsonden, Durchführung der Bohrarbeiten, Hilfsaggregate, Anschluss an die Wärmepumpe, Inbetriebnahme, Lohnkosten.

*Hinweis: Bei dem hydraulischen Abgleich der Sole-Wasser-Wärmepumpe sind lediglich die erforderlichen Messungen, Berechnungen und Einstellungen enthalten.

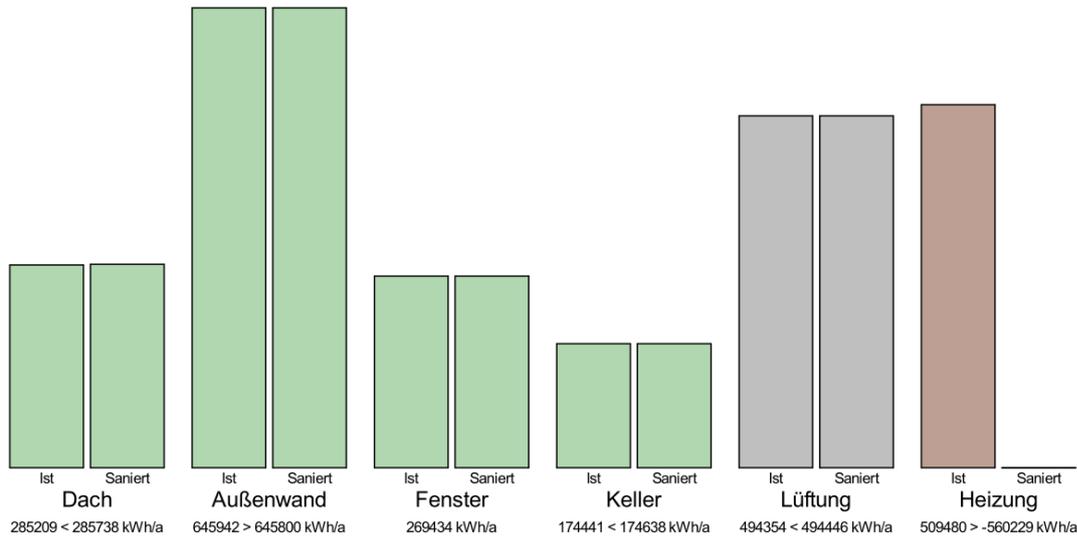
BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

Info	Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, das erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung mit einem Anteil von mindestens 25 Prozent einbindet.
Förderquote	Bis zu 30 %
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 über 30% von 162.000 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 55%. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm. Hinweis: Da es sich bei den Wärmegewinnen durch die Wärmepumpe rechnerisch um negative Verluste handelt, fallen die Heizungsverluste in dem nachfolgenden Diagramm unter 0 kWh/a.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 883.579 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.065.626 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 9.860 kg CO₂/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 204 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

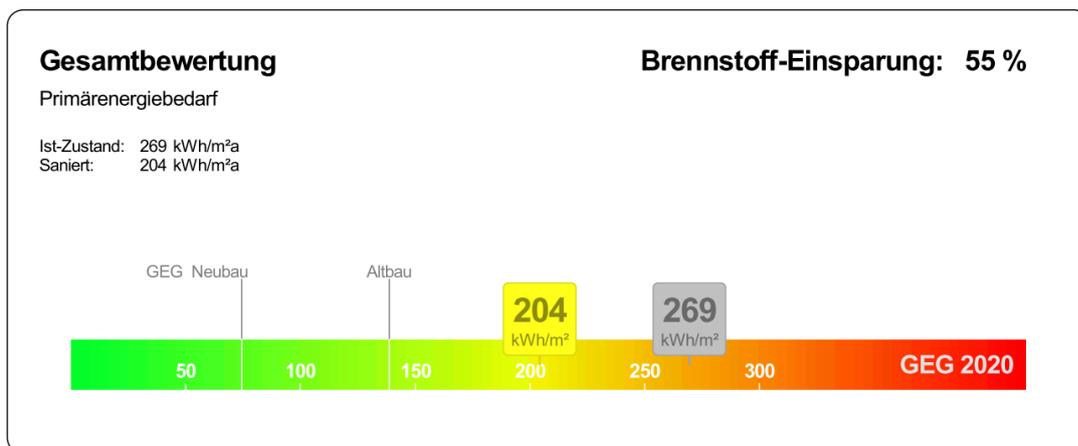


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	540.000 EUR
Mögliche Fördermittel	162.000 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 20 Jahren (30 Jahren für die Heizkörper) gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	23.172	23.172
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	319.827	639.144
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	342.999	662.317
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	154.662	989.526
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	327.209
Amortisationszeit	-	2 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken. Dies liegt vor allem an dem großen Preisunterschied, zwischen Strom und Gas. Geht man von aktuell realistischen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 2 Jahren, da die Gaspreise deutlich mehr gestiegen sind als die Strompreise.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.5 SV 4: PASSAGE-SANIERUNG

In dieser Sanierungsvariante wird eine Sanierung der Verbindungspassage zwischen den Altbau und die 1978 gebaute Erweiterung betrachtet. Dabei werden das Dach und der Boden gedämmt sowie die Fensterfläche getauscht.



Abbildung 17: Passage zwischen den Altbau und die 1978 gebaute Erweiterung

Das Dach und der Boden weisen einen geschätzten U-Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. Der Fenster-U-Wert wird auf $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ geschätzt.

Der Boden wird mit 12 cm Mineralfaser der WLS 035 gedämmt, um die BEG-Anforderungen (U-Wert kleiner oder gleich $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Geschossdecken gegen Außenluft von unten) zu erfüllen.

Das Dach wird gedämmt, sodass die BEG-Anforderung (U-Wert kleiner oder gleich $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$) erfüllt ist. Hierfür können zum Beispiel 20 cm Mineralfaser der WLS 040 verwendet werden. Es werden dichtere Mineralwolle-Platten ausgewählt, sodass die Flachdachfläche betretbar bleibt.

Nach dem GEG soll der U_w -Wert für neue Fenster $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreiten. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ anzusetzen. Es wird mit einem U-Wert von $0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet.

Der Austausch der großflächigen Glasfassade der Verbindungspassage, gekoppelt mit der Dämmung der Decke und Boden, erfordert eine detaillierte Planung und temporäre Absperrung der Passage.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m²]	Fläche [m²]	Summe [€]
<i>Flachdachdämmung</i>	200	60	12.000
<i>Dämmung Boden über Luft</i>	350	60	21.000
<i>Glasfassade Rückbau</i>	27,67		
<i>Alu- Glasfassade inkl. Einbau</i>	1.143,94		
Glasfassade gesamt	1.200	80	96.000
Gesamtausgaben			129.000

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

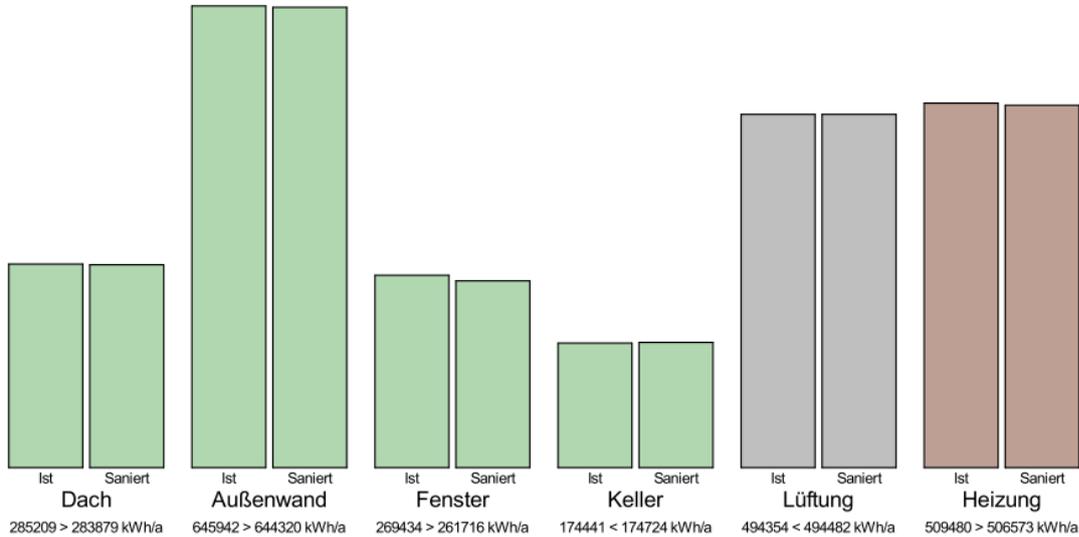
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 kann ein Zuschuss über 15 % von 19.350 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 1 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.936.586 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 12.619 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.819 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 268 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.

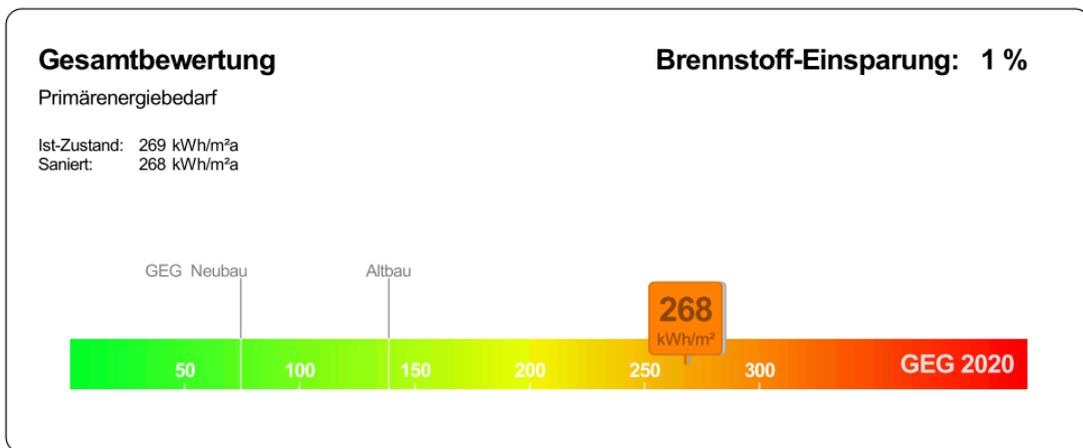


Abbildung 18: Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	129.000 EUR
Mögliche Fördermittel	19.350 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

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

Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 4

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	1.531	1.531
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	164.679	1.052.534
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	166.210	1.054065
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	165.622	1.59.649
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	5.584
Amortisationszeit	-	8 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 8 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.6 SV 5: AUßENWANDDÄMMUNG DER ERWEITERUNG

In dieser Variante werden die Außenwände der Erweiterung von außen gedämmt. Die Erweiterung hat unserer Kenntnis nach keinen Denkmalschutz und kann gedämmt werden.

Diese Maßnahme lässt sich mit dem in der Variante 1 beschriebenen Fenstertausch gut kombinieren.



Abbildung 19: Süd-West Ecke des Erweiterungsgebäudes

Nach einem eventuellen Abkratzen des vorhandenen Putzes können die Fassaden mit mind. 16 cm Mineralwolle­dämmung (WLS 040) gedämmt werden.

Die Außendämmung wird mit 15 % gefördert, wenn der resultierende U-Wert kleiner gleich $0,20\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ist.

Zusammen mit der Außendämmung kann der Klinker der Ost- und Westfassade sowie der WC-Trakt erneuert werden.

Soll die Fassadendämmung dazu führen, dass die Dachüberstände verlängert werden müssen, kann die Maßnahme, mit der in der Variante 6 beschrieben Dämmung des Daches gekoppelt werden.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Außenwanddämmung	180	820	148.000
Gesamtausgaben			148.000

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 Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Außenwände	Abbruch (Abklopfen des alten Putzes), Erhöhung/Erweiterung des Dachüberstandes, Maßnahmen zur Wärmebrückenreduktion, Erneuerung der Fensterbänke, Ertüchtigung von Rollladenkästen, Wärmedämmung, Maler- und Putzarbeiten, Maßnahmen zur Schalldämmung, Erneuerung Vordach, Verlegung der Regenrohre, Lohn und Montage.

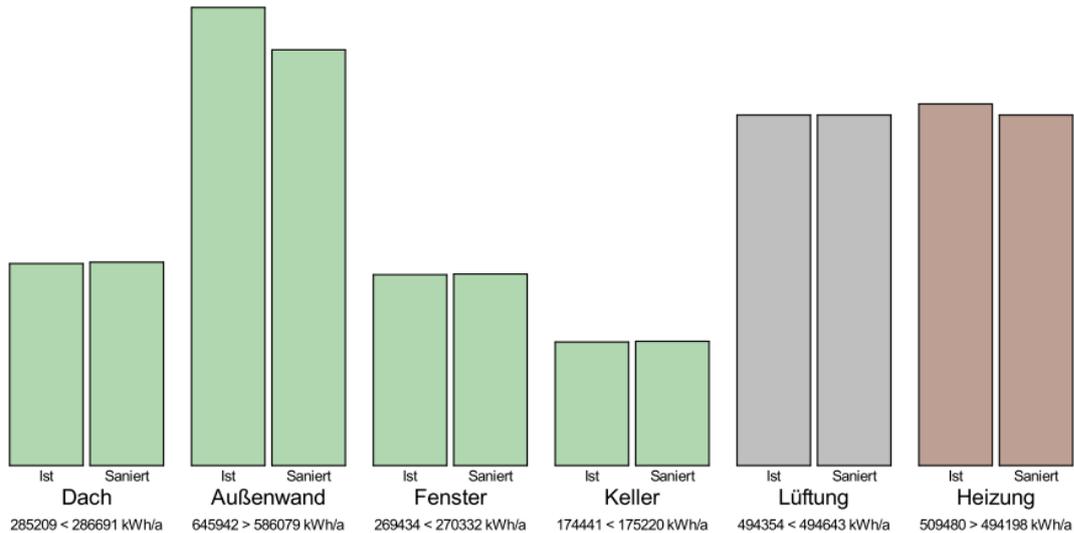
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 kann ein Zuschuss über 15 % von 22.140 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.882.264 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 66.941 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 14.960 kg CO₂/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 260 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.

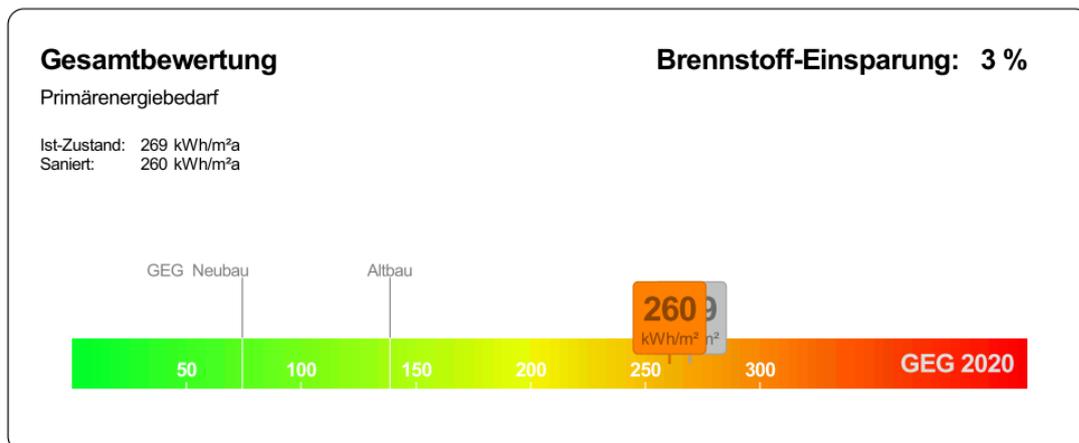


Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	148.000 EUR
Mögliche Fördermittel	22.200 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

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

Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	842	842
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	160.841	1.023.609
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	161.683	1.024.451
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	165.622	1.059.649
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	3.939	35.198
Amortisationszeit	6 Jahre	1 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb 6 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 1 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.7 SV 6: DACHDÄMMUNG DER ERWEITERUNG

In dieser Variante werden die Dachflächen der Erweiterung gedämmt. Im Ist-Zustand ist das Dach mit einer 18cm Zwischensparrendämmung (WLG 040) angenommen.



Abbildung 21: beschädigte Zwischensparrendämmung

Einen Austausch der vorhandenen (und wahrscheinlich gesundheitsschädlichen) Dämmung scheint nötig zu sein. Nach der Verlegung einer Dampfsperre wird also die Zwischensparrendämmung 1 zu 1 ersetzt und durch eine Aufsparrendämmung (14 cm Holzfaserplatten, WLS 040) erweitert. Alternativ kann eine PUR-Dämmung mit WLS 023 als alleinstehende Aufsparrendämmung eingebaut werden. Die Holzfaserplatten haben jedoch ein besseres Verhalten im Sommer: die Hitzespitzen werden von einer Holzfaserdämmung besser gebremst.

Um eine BEG-Förderung in Anspruch nehmen zu können, muss der U-Wert für Einzelmaßnahmen an dem Dach $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ betragen. Dieser Wert wird durch die gewählte Dämmstoffdicke unterschritten (U-Wert = $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Satteldachdämmung	200	520	104.000
Gesamtausgaben			104.000

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 Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Satteldächer	Abbruch Dachziegel, Entsorgung durch LKW, neue Dachschalung, neue Dampfbremse, Wärmedämmung, neue Dachdeckung (Biberschwanzziegel), Baustelleneinrichtung, Lohn und Montage.

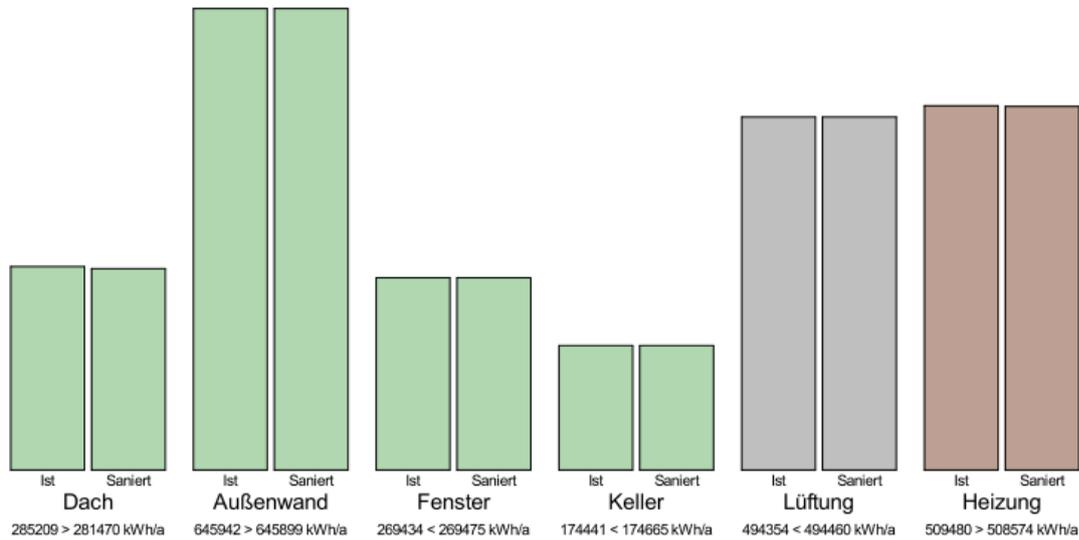
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 kann ein Zuschuss über 15% von 15.600 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 6 -

Weil das Dach schon über eine dicke Dachdämmung verfügt, reduziert sich nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes nur sehr wenig. Die vorhandene Dachdämmung zeigt aber einen Handlungsbedarf. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.945.195 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.010 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 896 kg CO₂/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen bleibt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes bei 269 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.

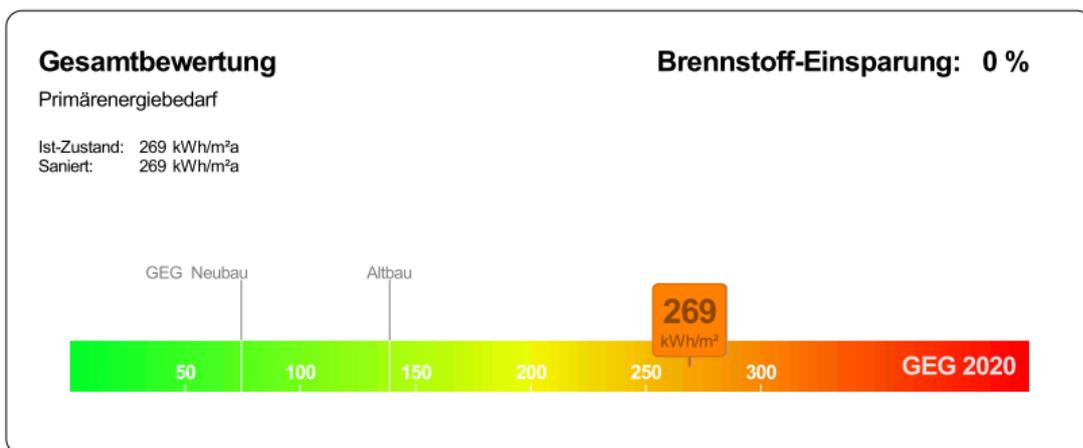


Abbildung 22 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	104.000 EUR
Mögliche Fördermittel	15.600 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

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

Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 6

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	1.327	1.327
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	165.287	1.057.118
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	166.613	1.058.444
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	165.622	1.059.649
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	1.205
Amortisationszeit	-	17 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 17 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.8 SV 7: SCHRÄGDACHDÄMMUNG DES ALTBAUS

Im Hauptgebäude des Clemens-August-Gymnasiums ist nur ein Teil des Dachgeschosses beheizt und benutzt. Die Dämmhülle hört zum Teil in der Ebene der obersten Geschossdecke und zum Teil mit der Dachhaut auf. In beiden Fällen liegt die U-Wert Anforderung der BEG für den gedämmten Bauteil bei $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Abbildung 23: Einsicht im unbeheizten Dachboden

Die Dämmung des obersten Gebäudeabschlusses kann durch die Einblasung von 26 cm Zellulose (WLS 040) in einer einzubauende Holzkonstruktion erfolgen.

Die Dämmung des mit 10 cm gedämmten Satteldaches kann mit 20 cm Holzfaserplatten (WLS 040) erfolgen.

In Beiden Fällen soll die Dampfbremse korrekt verlegt werden.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Satteldachdämmung	200	1840	368.000
Mehrpreis für Denkmal-kompatibel Lösung	100	1840	184.000
Oberste Geschossdeckendämmung	65	1250	80.000
Gesamtausgaben			635.000

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 Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Satteldächer	Abbruch Dachziegel, Entsorgung durch LKW, neue Dachschalung, neue Dampfbremse, Wärmedämmung, neue Dachdeckung (Biberschwanzziegel), Baustelleneinrichtung, Lohn und Montage.

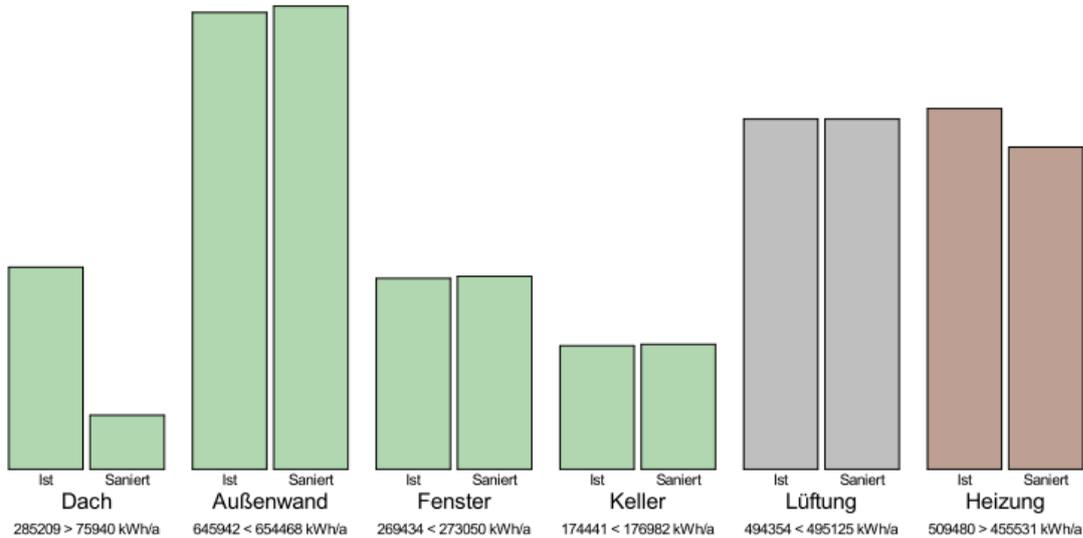
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 kann ein Zuschuss über 15 % von 95.000€ beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **12 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.713.521 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 235.684 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 52.623 kg CO₂/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 238 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.

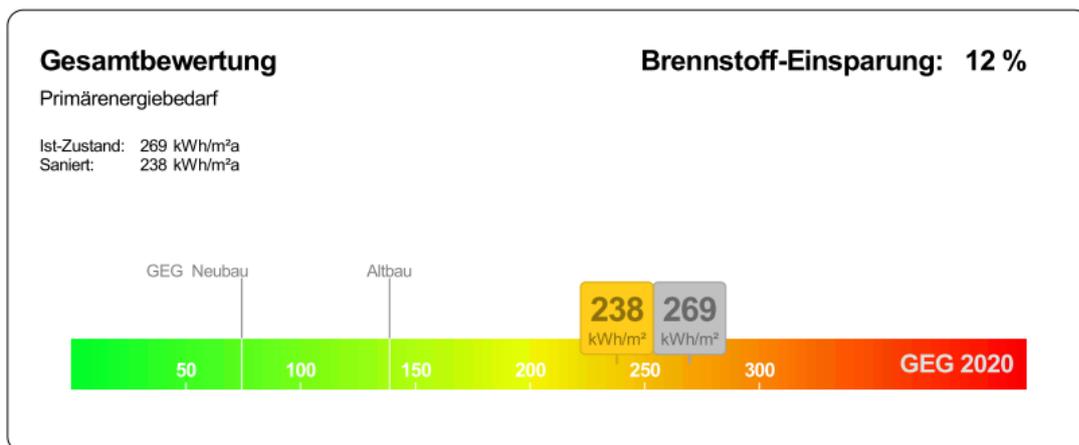


Abbildung 24 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	635.000 EUR
Mögliche Fördermittel	95.000 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

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

Tabelle 25 Einsparpotenzial, SV 7

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	26.785	26.785
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	148.975	933.801
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	175.760	960.586
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	165.622	1.059.649
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	99.603
Amortisationszeit	-	8 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 8 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.9 SV 8: FLACHDACHDÄMMUNG DES ALTBAUS

Das Hauptgebäude des Clemens-August-Gymnasium weist ca. 270 m² Flachdachfläche auf.

In dieser Variante werden die Flachdachfläche mittels 25 cm Mineralwolle (WLS 040) gedämmt. Damit ist die BEG-Anforderung für Dächer (U-Wert kleiner gleich 0,14 W/m²K) erfüllt.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Flachdachdämmung	200	270	54.000
Gesamtausgaben			54.000

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 Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Flachdächer	ggf. Abbruch Kiesschüttung, Abbruch Bitumenbahn, Abbruch Sperrschicht, Entsorgung durch LKW, Dampfbremse vollflächig kleben, Wärmedämmung, neue Dachabdichtung, ggf. neue Kiesschüttung, Baustelleneinrichtung, Lohn und Montage

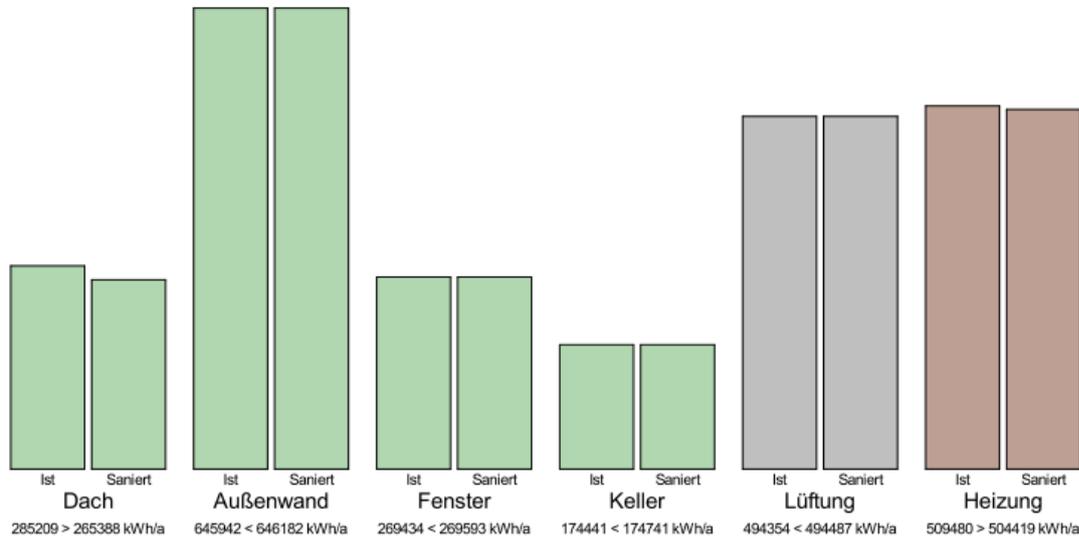
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 kann ein Zuschuss über 15 % von 8.100 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 8 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **1 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.926.913 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 222.292 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.981 kg CO₂/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 266 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.

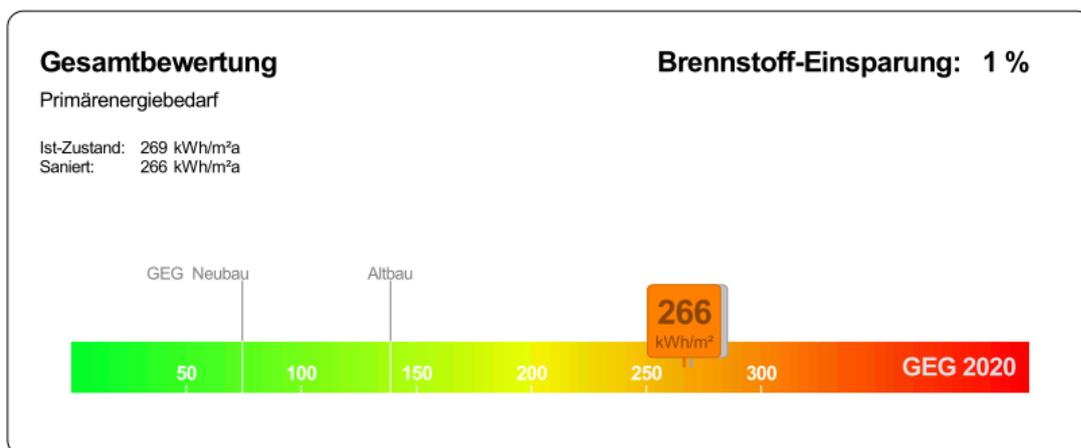


Abbildung 25 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 26 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8

Gesamtinvestitionen	54.000 EUR
Mögliche Fördermittel	8.100 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

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

Tabelle 27 Einsparpotenzial, SV 8

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	408	408
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	163.996	1.047.384
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	164.404	1.047.792
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	165.622	1.059.649
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	1.218	11.857
<i>Amortisationszeit</i>	9 Jahre	2 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb 9 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 2 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.10 SV 9: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - Fenster- und Türentausch

Var.2 - LED Beleuchtung

Var.3 - Einbau Wärmepumpe

Var.4 - Passage-Sanierung

Var.5 - Außendämmung Erweiterung

Var.6 - Dachdämmung Erweiterung

Var.7 - Schrägdachdämmung Altbau

Var.8 - Flachdachdämmung Altbau

kombiniert.

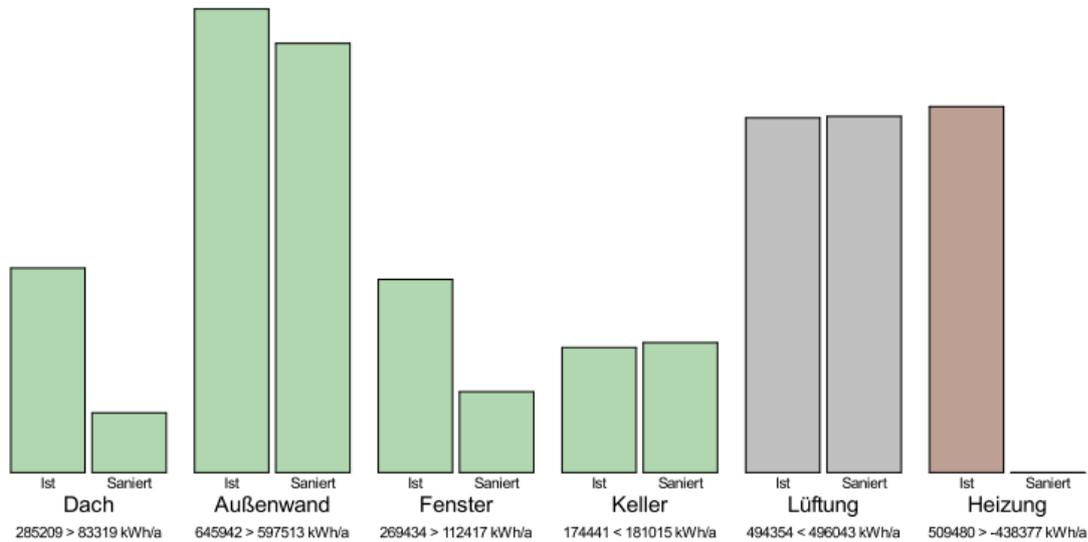
Ohne Dämmung der Altbau-Außenwandfläche ist keine Effizienzgebäude-Standard erreicht.

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 Fenster- und Türentausch	BEG EM	1.156.000	15	bis zu 173.000	
Var. 2 LED-Beleuchtung	BEG EM	358.000	15	bis zu 53.600	
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 89.500	
Var. 3 Sole/Wasser Wärmepumpe	BEG EM	540.000	30	bis zu 162.000	
Var. 4 Passage-Sanierung	BEG EM	129.000	15	bis zu 19.350	
Var. 5 Außendämmung Erweiterung	BEG EM	148.000	15	bis zu 22.200	
Var. 6 Dachsanierung Erweiterung	BEG EM	104.000	15	bis zu 15.600	
Var. 7 Satteldachsanierung Altbau	BEG EM	635.000	15	bis zu 95.000	
Var. 8 Flachdachsanierung Altbau	BEG EM	54.000	15	bis zu 8.100	
Summe		3.124.000		bis zu 549.000	

Energieeinsparung - Variante 9 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 63 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm. Hinweis: Da es sich bei den Wärmegewinnen durch die Wärmepumpe rechnerisch um negative Verluste handelt, fallen die Heizungsverluste in dem nachfolgenden Diagramm unter 0 kWh/a.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.949.205 kWh/Jahr reduziert sich auf 714.192 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.235.013 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 110.707 kg CO₂/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 160 kWh/m² pro Jahr.

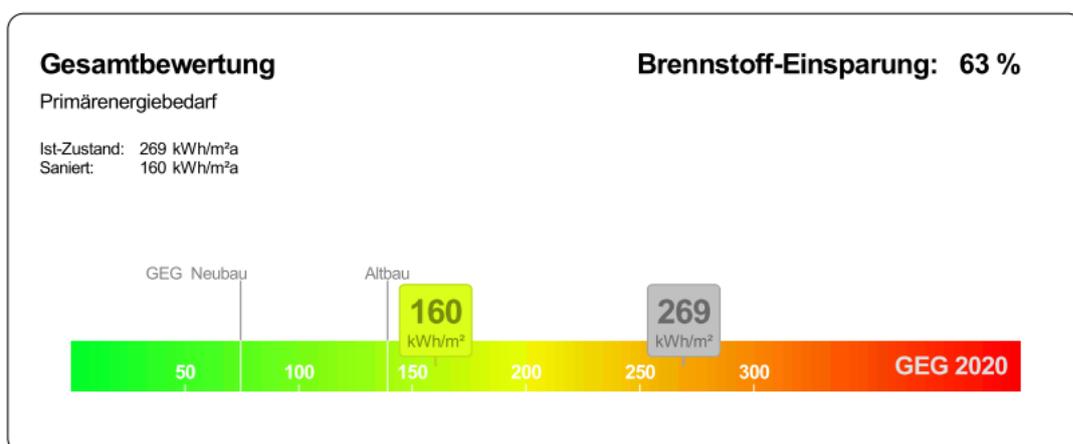


Abbildung 26 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 9

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 9 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 28 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9

Gesamtinvestitionen	3.124.000 EUR
Mögliche Fördermittel	549.000 EUR

Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme würde sich entsprechend verbessern.

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

Tabelle 29 Einsparpotenzial, SV 9

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	64.973	64.973
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	260.968	541.176
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	325.941	606.149
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	165.622	1.059.649
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	453.500
Amortisationszeit	-	5 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 5 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung des Clemens-August-Gymnasiums Cloppenburg. 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. 35 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Wechsel eines Gas-Brennwertgerätes gegen eine Sole-Wasser-Wärmepumpe.

Baulich bietet die Dämmung des Satteldaches/der obersten Geschossdecke des Altbaus (SV 7) das größte Einsparpotential. Hierdurch könnten 12 % der Endenergie eingespart werden, wodurch der CO₂-Ausstoß pro Jahr um mehr als 50 Tonnen sinken würde.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 50 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 25 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Ohne Dämmung der Altbau-Außenwandfläche ist keine Effizienzgebäude-Standard erreicht.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen. Durch den gesenkten Endenergiebedarf der restlichen Maßnahmen kann die eingesetzte Wärmepumpe effizienter arbeiten. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem an die Gebäudehülle zu verbessern, um später den Einsatz einer Wärmepumpe mit niedrigerer Vorlauftemperatur zu vereinfachen.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO₂-Emissionen selbst bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination und eine Senkung des Gasverbrauches von ca. 94 %, immer noch bei ca. 350 Tonnen pro Jahr liegen. 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, auf 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 abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe. Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

U-Wert (früher k-Wert)

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

Solare Wärmegewinne Q_s

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

Interne Wärmegewinne Q_i

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

Anlagenverluste

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

Wärmebrücken

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

Gebäudevolumen V_e

Das beheizte Gebäudevolumen ist das 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 Rauminneren 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.