



BERATUNGSBERICHT zur energetischen Betrachtung von Nichtwohngebäuden

FÜR DAS ATRIUM DES „CLEMENS-AUGUST-GYMNASIUMS“ IN CLOPPENBURG

Auftraggeber
Landkreis Cloppenburg
Eschstr. 29
49661 Cloppenburg

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Ansprechpartner: Christof Kattenbeck

Greven, den 25.01.2023



LANDKREIS
CLOPPENBURG
WIRISTHIER.



Christof Kattenbeck
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	11
2.4 GESAMTÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	12
3 Ausgangssituation	13
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES	13
3.2 FOTODOKUMENTATION	14
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	15
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	17
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft	17
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte	18
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	20
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung	20
3.6 WÄRMEBRÜCKEN	21
3.7 ANLAGENTECHNIK	22
3.7.1 Heizungsanlage	22
3.7.2 Warmwasserversorgung	22
3.7.3 Beleuchtung	22
3.7.4 Lüftungstechnik	22
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG	23
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	23
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	23
3.8.3 Energiekosten	25
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	26
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	26
4 Sanierungsvarianten	27
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	27
4.2 SV 1: PHOTOVOLTAIK-ANLAGE	28

4.3	SV 2: SOLE-WÄRMEPUMPE FÜR HEIZUNG.....	31
4.4	SV 3: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH	35
4.5	SV 4: LED-BELEUCHTUNG	38
4.6	SV 5: AUßENDÄMMUNG.....	42
4.7	SV 6: DÄMMUNG DES KELLERS	45
4.8	SV 7: MAßNAHMENKOMBINATION	48
4.9	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG.....	53
5	Fazit	54
6	Anhang	55
A.1	GLOSSAR	55

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Angepasster Auszug des Denkmalatlas Niedersachsen, Altbau umrahmt, Atrium oben.....	13
Abbildung 2 3D-Ansicht des Atriums	15
Abbildung 3 Nutzungszonen	15
Abbildung 4 Grundriss Keller, zониert.....	15
Abbildung 5 Grundriss EG, zониert.....	16
Abbildung 6 Grundriss 1.OG, zониert.....	16
Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung	18
Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	19
Abbildung 9 Energiebilanz des Gebäudes.....	24
Abbildung 10 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	25
Abbildung 11 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Atriums des Clemens-August-Gymnasiums.....	25
Abbildung 12 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage (Quelle: Simulation mit PV*SOL)	28
Abbildung 13 Deckung des Gesamtverbrauchs	30
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf SV2	33
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	36
Abbildung 16 Beispiel eines Klassenzimmers mit alter Beleuchtung	38
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	40
Abbildung 18 Nordfassade des Atriums	42
Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	43
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6	46
Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7	49
Abbildung 22 Berechnung des Energiebedarfs	56

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	14
Tabelle 2 Zonierung.....	15
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	17
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte, Vergleich mit dem Gebäudetyp Schulen mit Turnhalle	18
Tabelle 5 Gebäudekennwerte vom Atrium	20
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599.....	23
Tabelle 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	23
Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger (Preise vor der Energiekrise).....	25
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger (aktuelle Preise während der Energiekrise).....	26
Tabelle 10 Globale Daten zur Ökonomie.....	26
Tabelle 11 PV-Anlage	29
Tabelle 12 Schätzung des Verbrauchs des Atriums und Gegenstellung mit der PV-Produktion	29
Tabelle 13 Batteriesystem	29
Tabelle 14 Autarkiegrad	29
Tabelle 15 Zahlungsübersicht	30
Tabelle 16 Vergütung und Ersparnisse.....	30
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	34
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 2	34
Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	37
Tabelle 20 Einsparpotenzial, SV 3	37
Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	41
Tabelle 22 Einsparpotenzial, SV 4	41
Tabelle 23 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	44
Tabelle 24 Einsparpotenzial, SV 5	44
Tabelle 25 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6	47
Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 6	47
Tabelle 27 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7	50
Tabelle 28 Einsparpotenzial, SV 7	50
Tabelle 29 Kostenannahmen Preisbremse	51
Tabelle 30 Einsparpotenzial, SV 7 mit Preisbremse.....	51

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für den Atrium des Clemens-August-Gymnasiums (Erweiterung von 2004) 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 - Photovoltaik-Anlage

Var.2 - Einbau Wärmepumpe

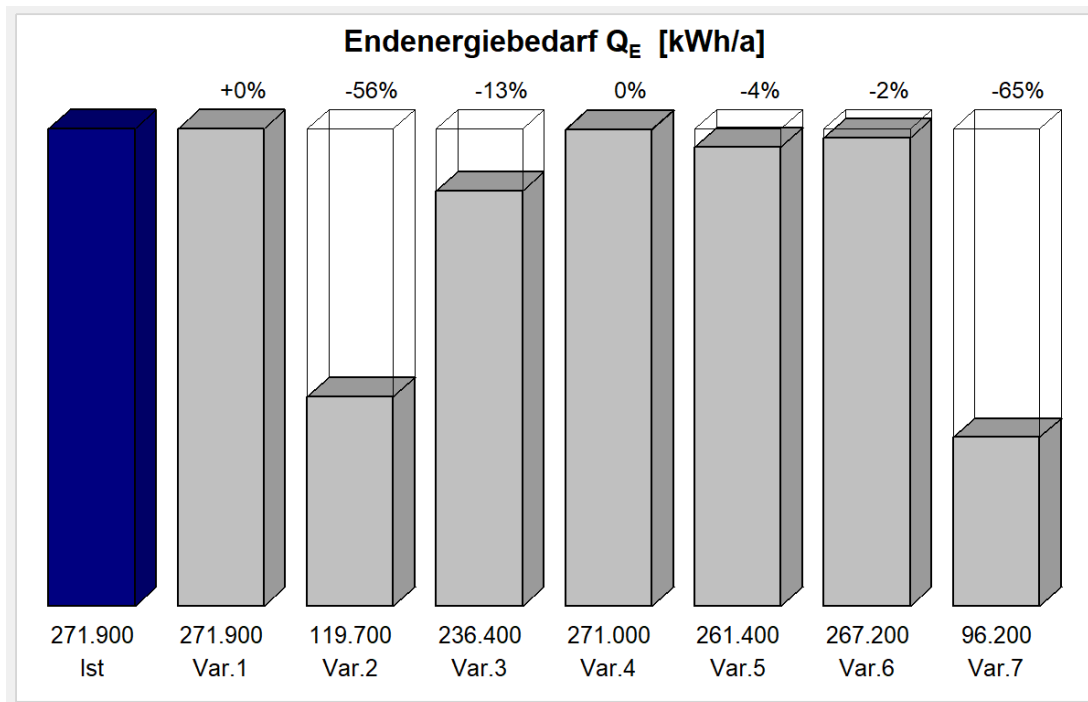
Var.3 - Fenster- und Türentausch

Var.4 - LED Beleuchtung

Var.5 - Außendämmung

Var.6 - Kellerdämmung

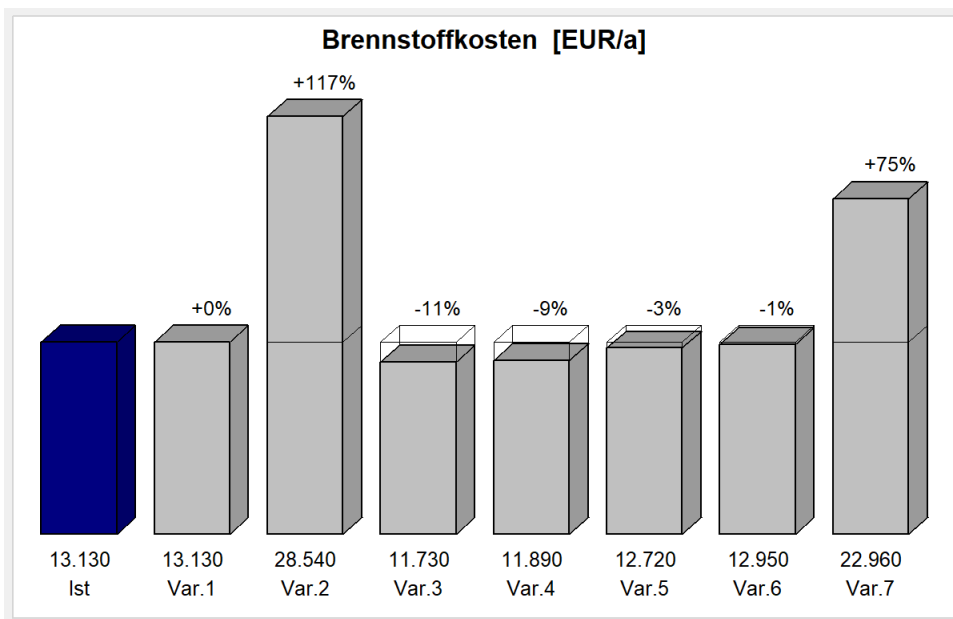
Var.7 - Maßnahmenkombination



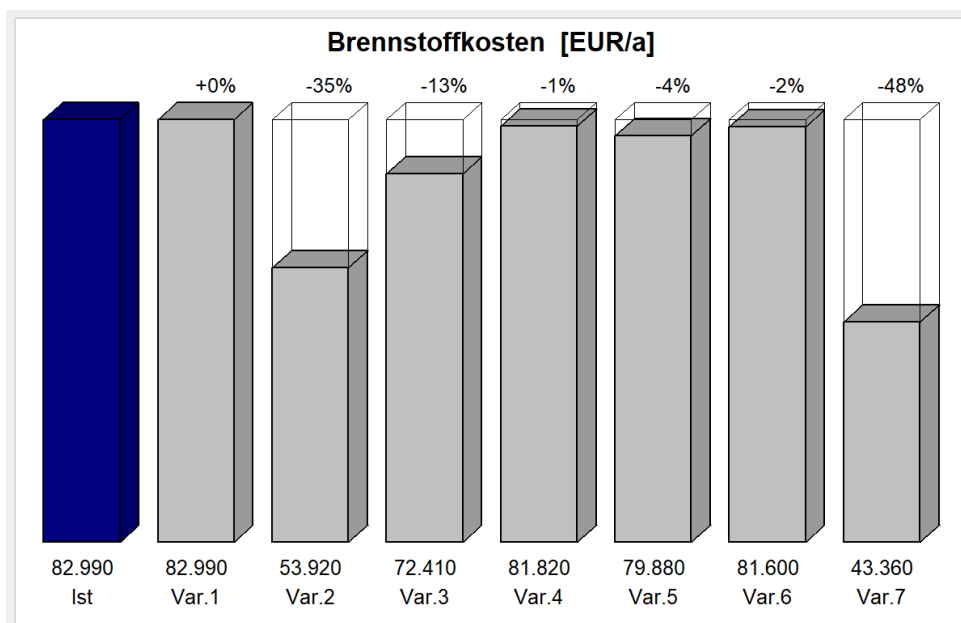
Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt. Wie in Kap. 4.3 beschrieben, führt die Wärmepumpe (Var.2 und 7) bei den Bestands-Preisen noch zu einer Erhöhung der Brennstoffkosten. Bei aktuell ortsüblichen Energiepreisen reduzieren sich die Kosten durch die Wärmepumpe deutlich.

- Var.1 - Photovoltaik-Anlage
- Var.2 - Einbau Wärmepumpe
- Var.3 - Fenster- und Türentausch
- Var.4 - LED Beleuchtung
- Var.5 - Außendämmung
- Var.6 - Kellerdämmung
- Var.7 - 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 - Photovoltaik-Anlage

Var.2 - Einbau Wärmepumpe

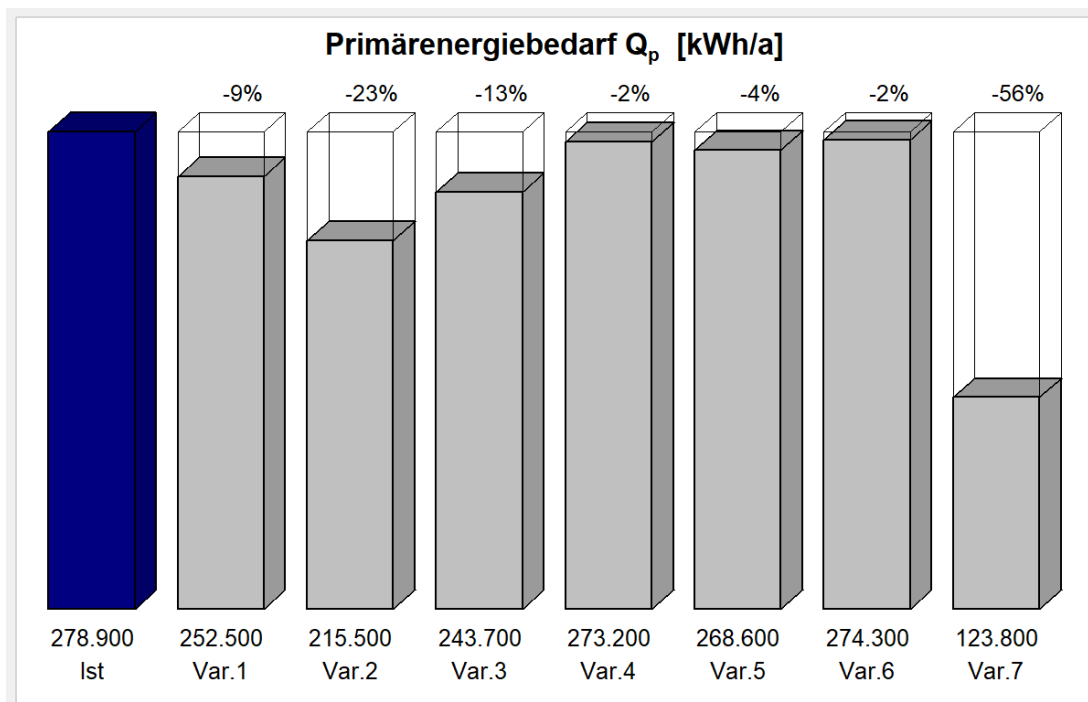
Var.3 - Fenster- und Türentausch

Var.4 - LED Beleuchtung

Var.5 - Außendämmung

Var.6 - Kellerdämmung

Var.7 - Maßnahmenkombination



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

Var.1 - Photovoltaik-Anlage

Var.2 - Einbau Wärmepumpe

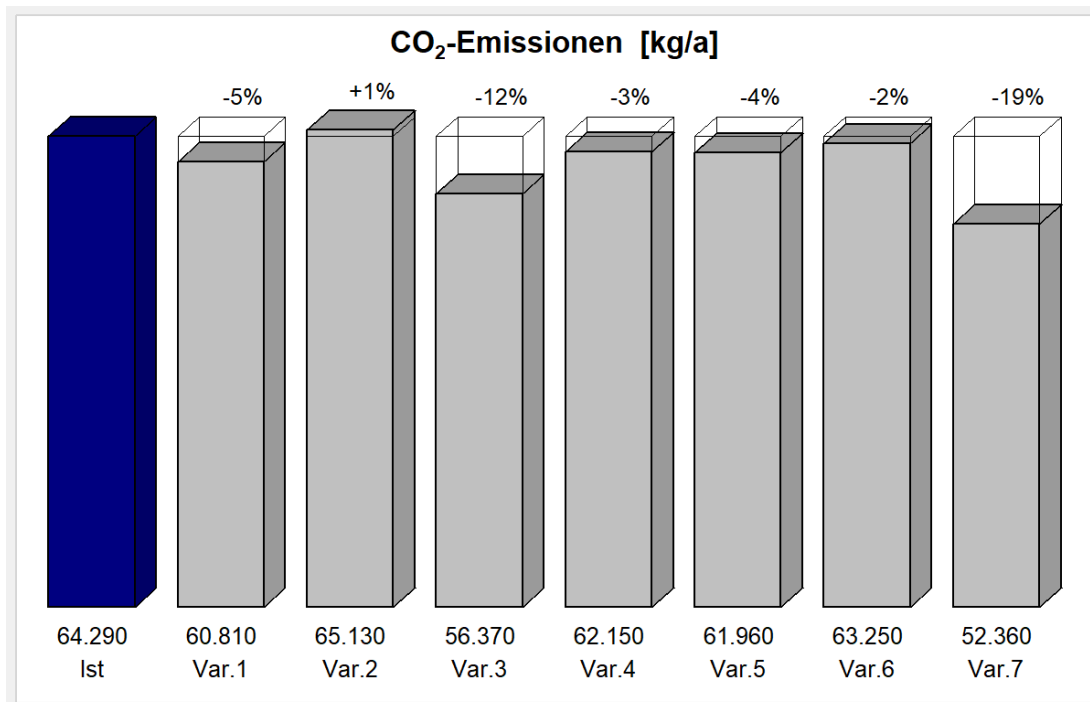
Var.3 - Fenster- und Türentausch

Var.4 - LED Beleuchtung

Var.5 - Außendämmung

Var.6 - Kellerdämmung

Var.7 - 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 - Photovoltaik-Anlage

Var.2 - Einbau Wärmepumpe

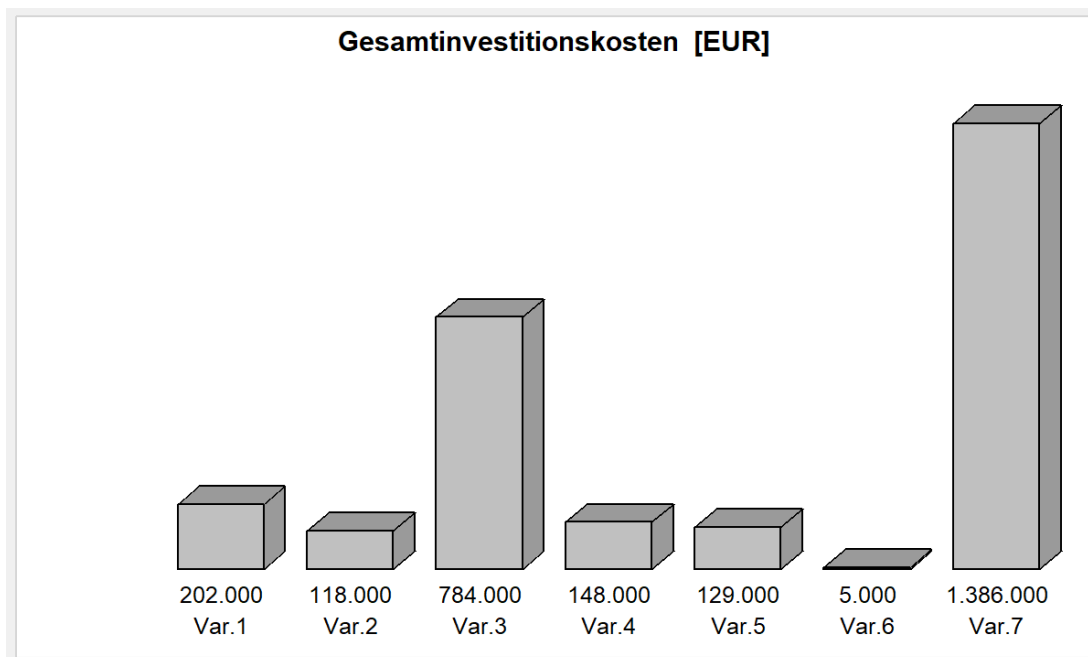
Var.3 - Fenster- und Türentausch

Var.4 - LED Beleuchtung

Var.5 - Außendämmung

Var.6 - Kellerdämmung

Var.7 - 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	Energiekostenersparnis	Endenergieeinsparung	Primärenergieeinsparung	CO ₂ Vermeidung
	[€]	{Jahr}	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/a]	[€/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kg/a]
IST-ZUSTAND			82.990 €	271.900	278.900	64.290				
Var.1 - Photovoltaik-Anlage	202.000	19	82.990	271.900	252.500	60.810	0	0	26.400	3.480
Var.2 - Einbau Wärmepumpe	118.000	3	53.920	119.700	215.500	65.130	29.070	152.200	63.400	-840
Var.3 - Fenster- und Türentausch	784.000	17	72.410	236.400	243.700	56.370	10.580	35.500	35.200	7.920
Var.4 - LED Beleuchtung	148.000	0	81.820	271.000	273.200	62.150	1.170	900	5.700	2.140
Var.5 - Außendämmung	129.000	5	79.880	261.400	268.600	61.960	3.110	10.500	10.300	2.330
Var.6 - Kellerdämmung	5.000	4	81.600	267.200	274.300	63.250	1.390	4.700	4.600	1.040
Maßnahmenkombination	1.184.000 €	21 Jahre	43.360. €	96.200	123.800	52.360	39.630 €	175.700	155.100	11.930

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 Hauptgebäudes wurde 1918 vollendet. Das zweigeschossige Atrium ist 2004 gebaut und 2007 nach Norden erweitert worden.

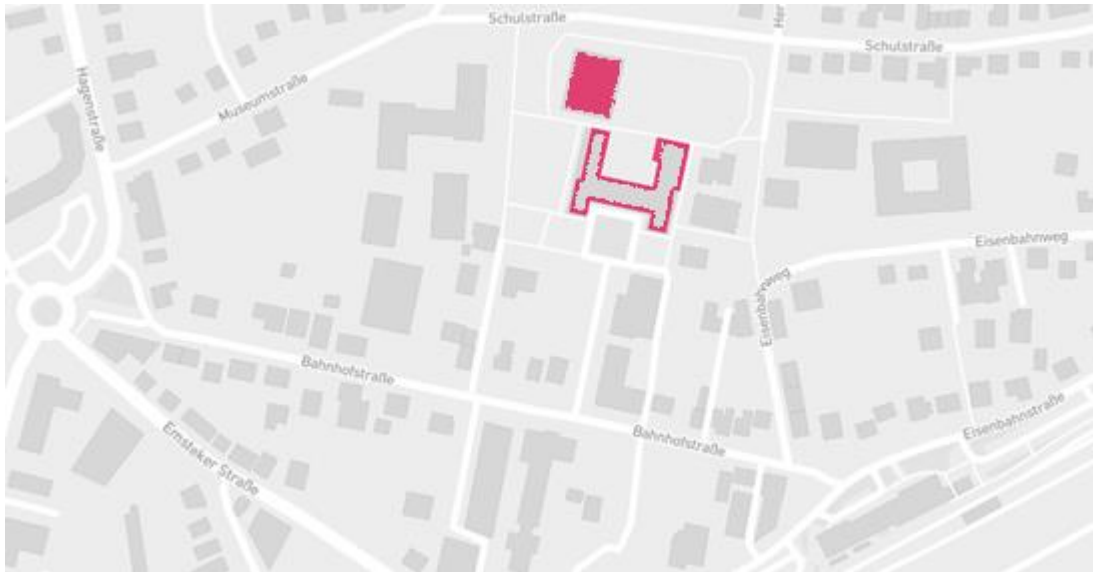


Abbildung 1 Angepasster Auszug des Denkmaltlas Niedersachsen, Altbau umrahmt, Atrium oben

Beide Gebäude bestehen sind mit einer Passage auf dem 1. Obergeschoss verbunden. Das Gebäude ist teilunterkellert: Im Keller befindet sich der Heizraum.

Die noch originale Heizungsanlage des Gebäudes wird nun über einen Gas-Brennwertkessel mit einer Nennleistung von 63 kW versorgt.

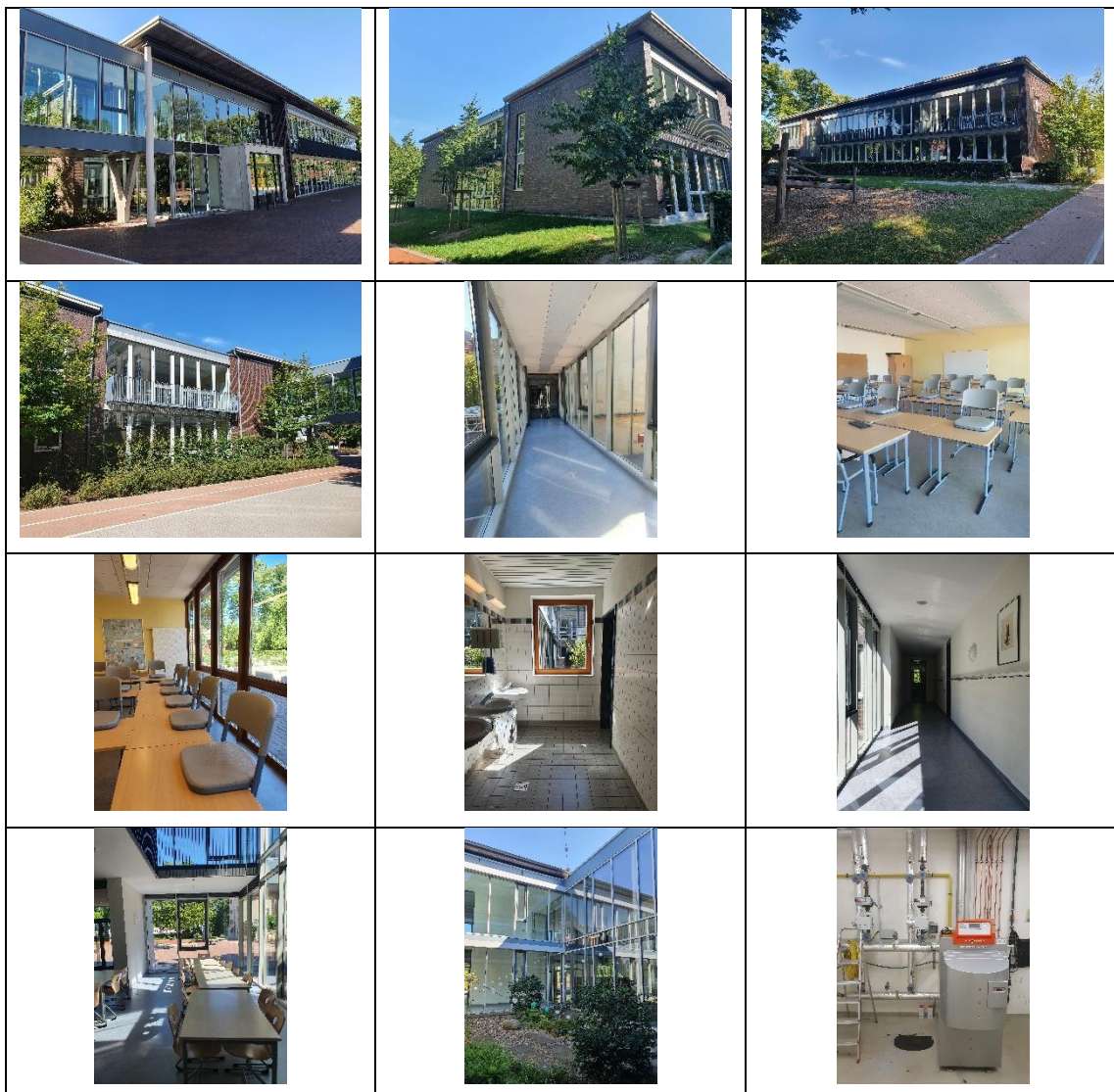
Die Warmwasserversorgung erfolgt dezentral in dem Putzmittel-Raum durch einen strombetriebenen Durchlauferhitzer. Das Gebäude verfügt über zwei Abluftanlage für die Sanitäranlagen.

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Clemens-August-Gymnasium - Atrium	
Gebäudetyp	Schulgebäude	
Straße, Hausnr.	Bahnhofstraße 53	
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg	
Baujahr	2004/ 2007 (Nord-Erweiterung)	
Beheiztes Gebäudevolumen V		7.781 m ³
Nettogrundfläche ANGF		2.115 m ²
Thermische Hüllfläche		3.933 m ²
Mittlere Geschosshöhe		ca. 3,10 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.

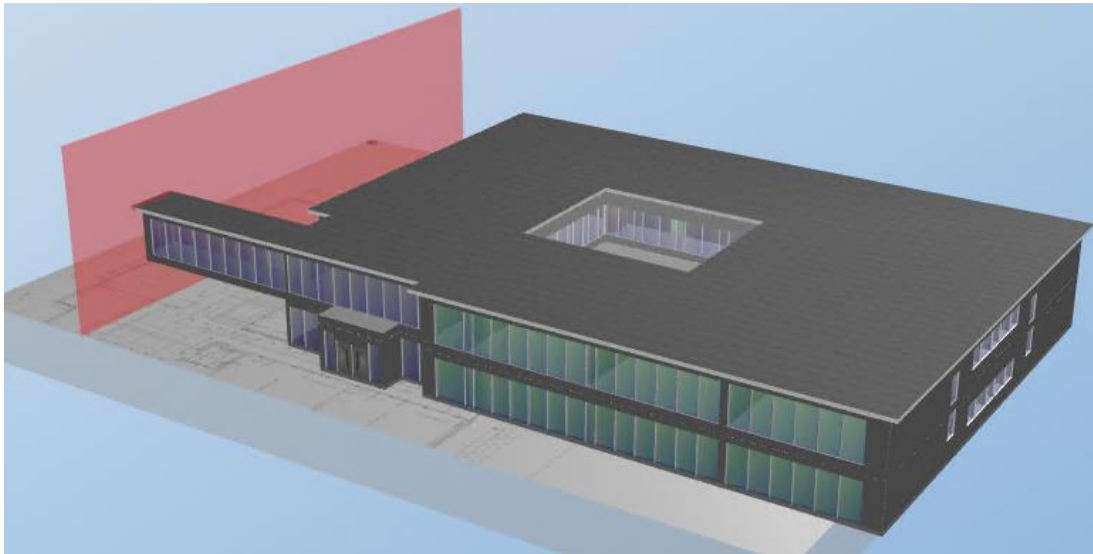


Abbildung 2 3D-Ansicht des Atriums

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

Tabelle 2 Zonierung

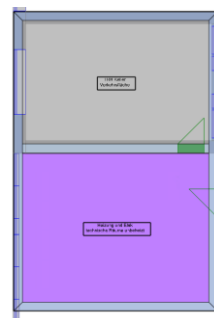
Zone	Konditionierung		Größe in m ²	Anteilige Größe in %
	Thermische Konditionierung	Beleuchtung		
Klassenzimmer Nutzungsprofil N°8 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - stabförmig, EVG	1.328	62,8 %
WC (und Sanitärräume) Nutzungsprofil N°16 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - kompakt, EVG	98	4,6 %
Verkehrsfläche Nutzungsprofil N°19 ²	beheizt	Leuchtstofflampen - kompakt, EVG	689	32,6 %
Technik, unbeheizt Nutzungsprofil N°20 ²	unbeheizt	-	(41)	-
Summe			2.115	100%

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

Zonen nach DIN V 18599	
■	technische Räume unbeheizt
■	Verkehrsfläche
■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

Abbildung 3 Nutzungszonen

Abbildung 4 Grundriss Keller, zониert



In den folgenden Abbildungen sind die zonierte Grundrisse zu sehen:

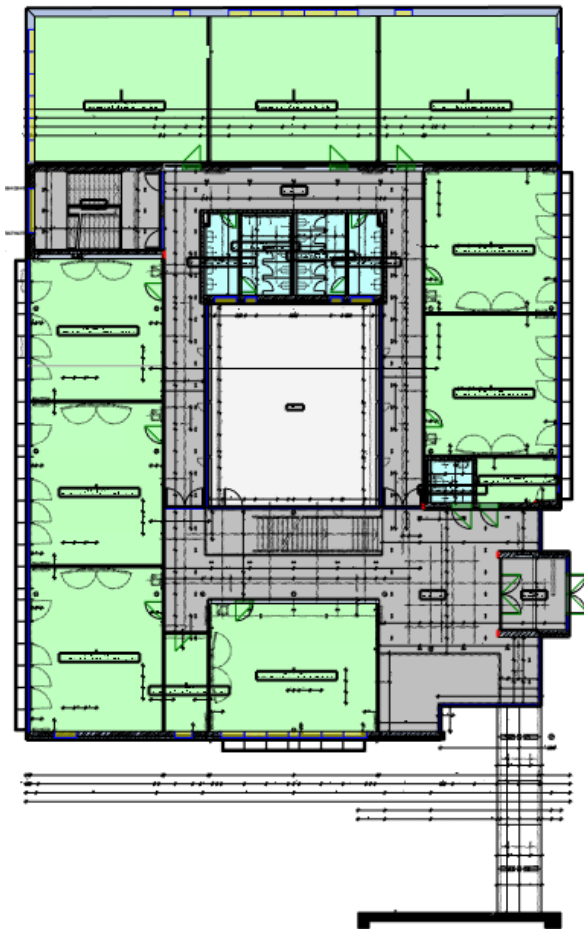


Abbildung 5 Grundriss EG, zoniert

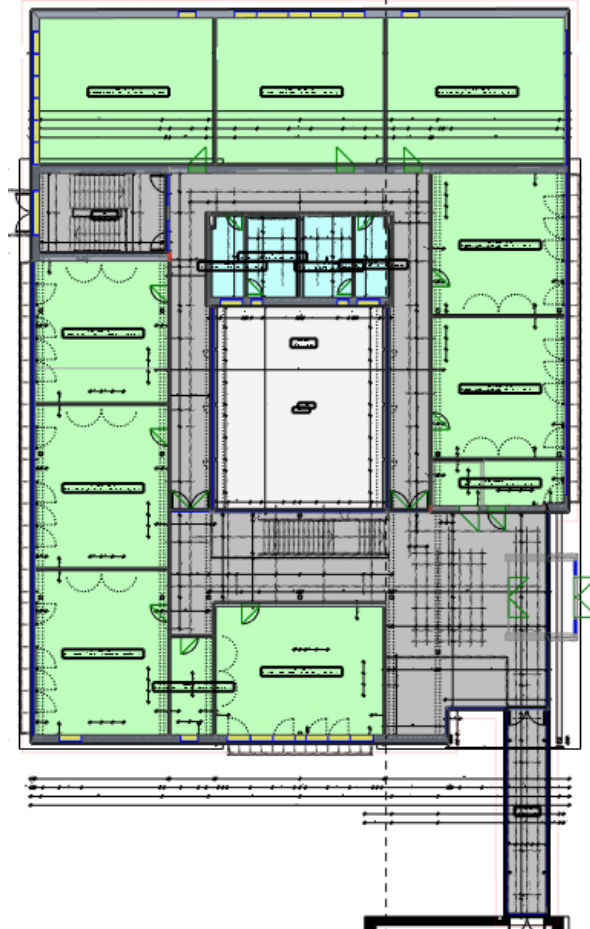


Abbildung 6 Grundriss 1.OG, zoniert

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 die separat betrachteten Altbau und NTW-Erweiterung mit ein (vgl. Beratungsbericht CAG). 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 (3 Gebäude) 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

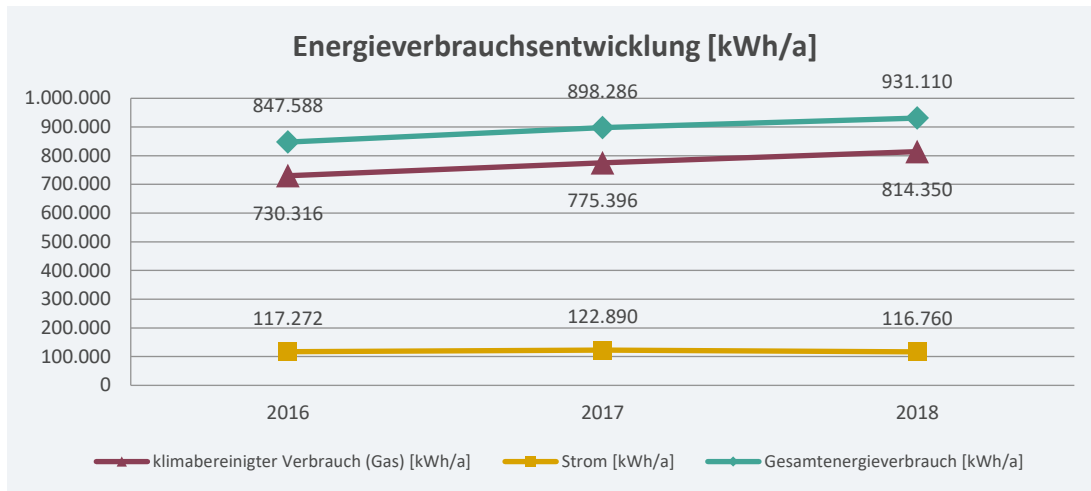


Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

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.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte, Vergleich mit dem Gebäudetyp Schulen mit Turnhalle

Energieträger	Energieverbrauchskennwerte		
	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.

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

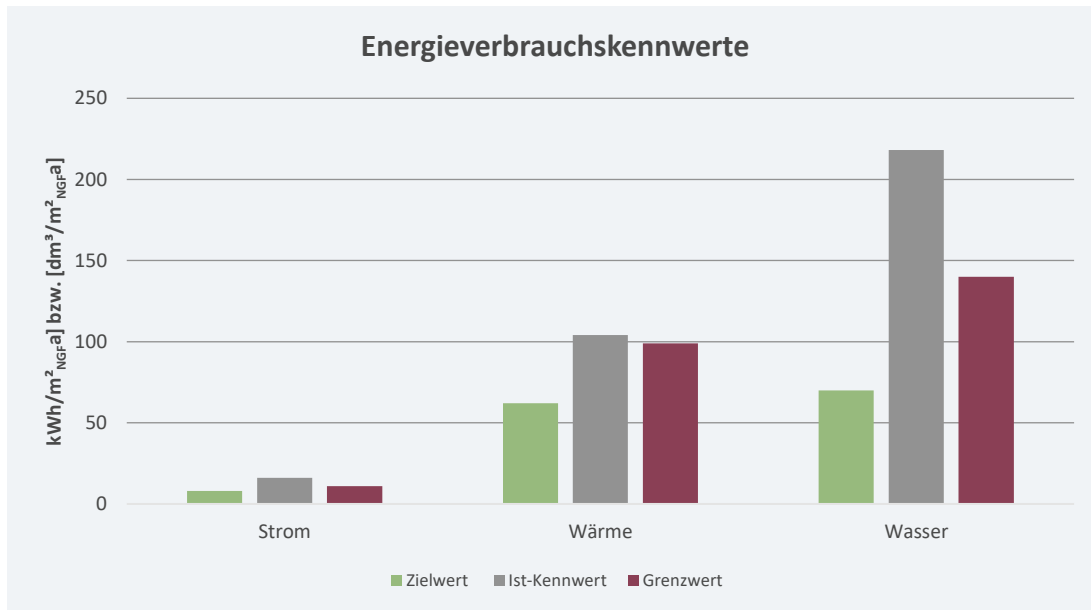


Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

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 Literaturangabe³ 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 BEG⁴ mit angegeben⁵. 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). Diese sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5 Gebäudekennwerte vom Atrium

Bauteil Hauptgebäude	U-Wert [W/(m²K)]		
	Ist-Zustand	GEG	BEG-Förderung ⁶
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
Bodenplatte Erdgeschoss	0,325	0,30	0,25
Bodenplatte Keller (Treppenhaus)	0,32	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Decken gegen unbeheizte Räume sowie Kellerdecken</i>			
Boden über unbeheizte Räume	0,75	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand mit Klinker	0,396	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Wände gegen Erdreich oder unbeheizte Räume sowie Kellerräume</i>			
Wand gegen unbeheizt (im Keller)	3,368	0,30	0,25
Wand gegen Erdreich	0,433	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Geschossdecken gegen Außenluft von unten</i>			
Boden Passage über Luft	0,237	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			

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

⁴ Bundesförderung für Effiziente Gebäude

⁵ Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß GEG Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen. Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten Uw-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

⁶ Die Mindestanforderungen an U-Werte für BEG-Förderung gelten nicht für die Förderung von Neubau und Sanierung von Effizienzgebäuden gem. BEG-Richtlinie (BEG NWG). Die Anforderungen Stand Dezember 2021 mit Änderung vom 21.07.2022 und vom 21. September 2022 können jederzeit aktualisiert werden.

Flachdach, zentrale Teilen u. Passage	0,13	0,20	0,14
Trapezblechdach	0,138	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Fenster, 2fach WS-Verglasung	1,50	1,30	0,95
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	1,80	1,80	1,30

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. Bauteilschwächungen oder Materialwechsel können diese Wärmebrückeneffekte begünstigen. Es können aber ebenso geringere Dämmstärken für die Wärmebrückenwirkung verantwortlich sein.

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

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung	<i>Gas-Brennwertkessel Viessmann Vitocrossal 300</i> <i>Energieträger Erdgas</i> <i>Baujahr 2003</i> <i>63 kW Nennleistung</i>
Verteilung	<i>2-Rohrleitungen-Heizung</i> <i>Hydraulischer Abgleich durchgeführt</i> <i>Leitungen gedämmt</i> <i>Umwälzpumpen geregelt</i>
Übergabe	<i>Übergabe an die Zonen über Heizkörper, mit Thermostatköpfe</i>
Warmwasser	<i>1 Strom-betriebene Durchlauferhitzer im Putzmittel-Raum</i>

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die meisten Zonen des Atriums verfügen über kein Warmwasser. Lediglich ein Wandgerät in Raum Putzmittel (1.OG, B101) wurde identifiziert.

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt durch Leuchtstoffröhren oder Kompaktleuchtstofflampen mit EVG (Elektronischem Vorschaltgerät) (vgl. Kap. 3.3).

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 einzige gelüftete Zone ist den Sanitärbereich Nord. Beide Sanitärblöcke verfügen über Abluftanlagen.

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 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599

Energiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	122,44
Beleuchtungsstrom	9,04
Strom für die Lüftungsanlagen	0,38

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

Tabelle 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	18.138	10,4%
Außenwand	26.815	15,4%
Fenster	105.572	60,5%
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	24.055	13,8%

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

Gesamt	174.580	100%
Lüftungsverluste		
Gesamt	137.657	100
Anlagenverluste		
Gesamt (Heizung + Warmwasser)	83.867	100

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.

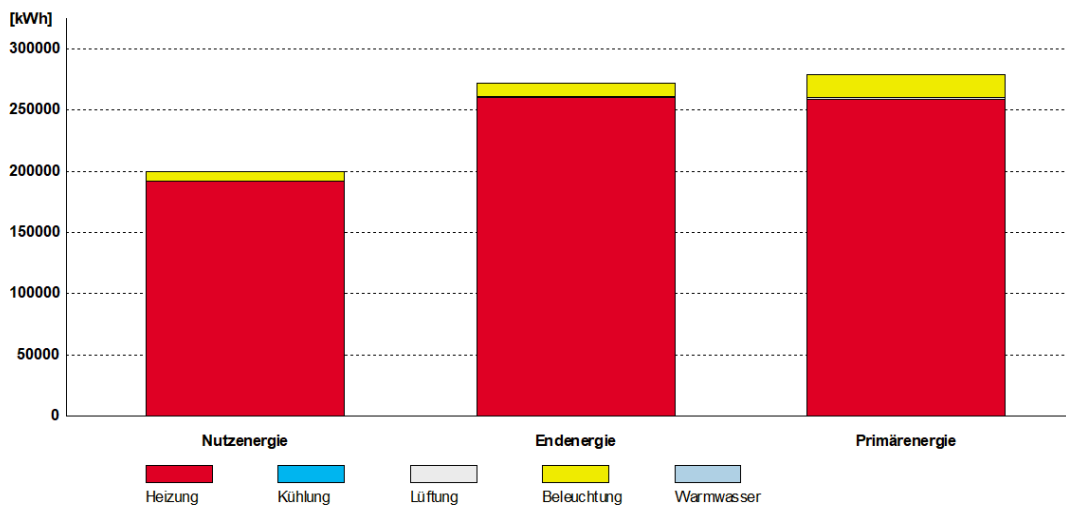


Abbildung 9 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 131,87 kWh/m²a.

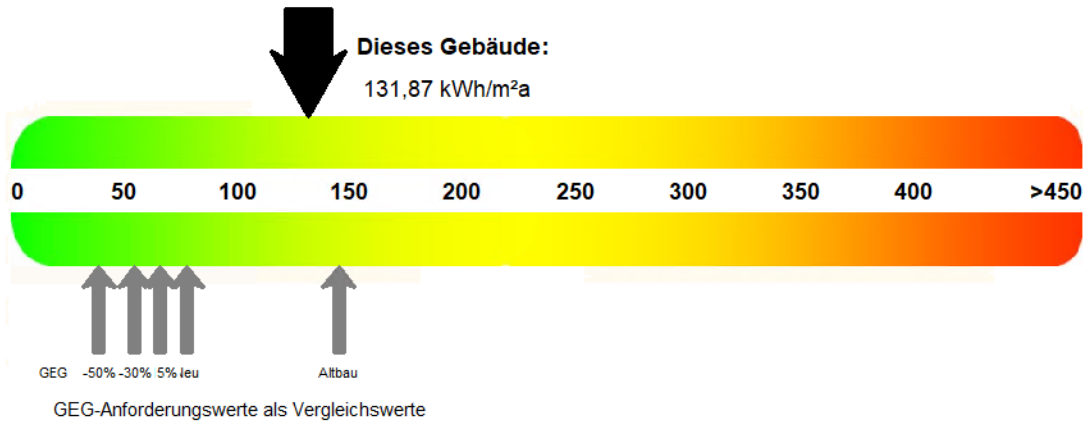


Abbildung 10 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand des Atriums 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/m²a	131,8	✓ 145,5	103,9	✗ 41,6	✗ 57,1	✗ 72,7	✗ 103,9	✓ 166,2
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m²K	0,21	✓ 0,56		✗ 0,18	✓ 0,22	✓ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m²K	1,5	✓ 2,7		✗ 1,0	✗ 1,2	✗ 1,4	✓ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m²K	1,4	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4	✓ 3,0	

* EH 100 für Bestandsgebäude wird nur noch bis zum 28.07.2022 gefördert.

Abbildung 11 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Atriums des Clemens-August-Gymnasiums

Aus Abbildung 11 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 8 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg. Da diese Werte deutlich niedriger sind, als aktuelle, ortsübliche Tarife, sind in Tabelle 9 Werte aus aktuellen Tarifen abgebildet. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 8 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 9 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 10 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

Alle angegebenen Kosten sind Brutto-Kosten. 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:

Malararbeiten 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 - Photovoltaik-Anlage

Var.2 - Einbau Wärmepumpe > (Erreichung Effizienzgebäude 100⁸)

Var.3 - Fenster- und Türentausch

Var.4 - LED Beleuchtung

Var.5 - Außendämmung

Var.6 - Kellerdämmung

Var.7 - Maßnahmenkombination > Erreichung Effizienzgebäude 70 EE⁸

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Mit dem Einbau einer Sole/Wasser Wärmepumpe erreicht das Gebäude das Effizienzhaus-Niveau 100. Für dieses Effizienzniveau gibt es keine Förderung mehr. Bei der Kombination von Maßnahmen (Sanierungsvariante 7) ist sogar das Effizienzgebäude Niveau 70 EE erreicht, mit einem Anteil an erneuerbaren Energien über 65%.

⁸ Für die Förderung der Maßnahme innerhalb des BEG Effizienzgebäude Programm (und nicht als Einzelmaßnahme) müssen zusätzliche Anforderungen im Bezug auf dem sommerlichen Wärmeschutz erfüllt werden.

4.2 SV 1: PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

In dieser Sanierungsvariante wird die Errichtung einer PV-Anlage vorgeschlagen, um den aktuellen Strombedarf und den durch den Einbau einer Wärmepumpe (Variante 2) ggf. steigenden Strombedarf zu decken. In der Simulation wurden beide Trapezblechdachflächen mit Ost-West orientierten Modulen fast voll belegt. Zudem wurde ein Batteriespeicher vorgesehen. Die Berechnung wurde mit dem Programm PV*SOL Premium der Valentin Software GmbH⁹ durchgeführt. Es handelt sich um eine Machbarkeitsanalyse. Die endgültige Planung der PV-Anlage ist durch ein Fachplanungsbüro durchzuführen. Des Weiteren ist eine statische Prüfung der Dächer, für die eine Belegung mit einer PV-Anlage geplant werden soll, durchzuführen.

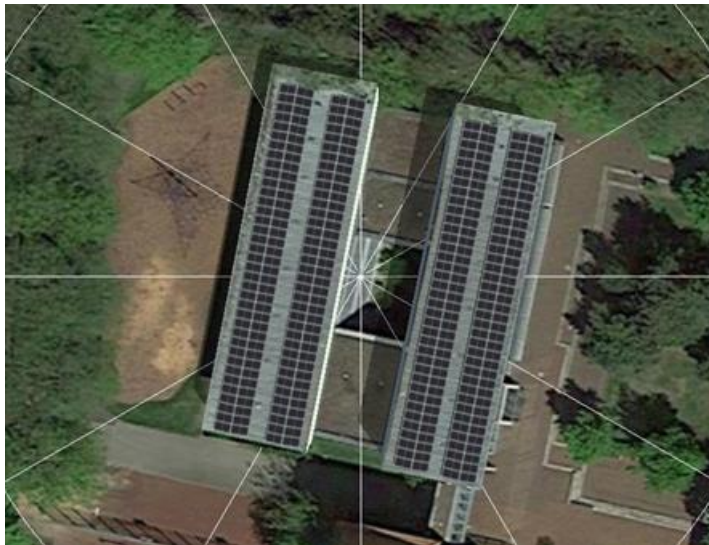


Abbildung 12 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage (Quelle: Simulation mit PV*SOL)

Die Ergebnisse der Simulation, ohne Berücksichtigung der Wärmepumpe, sind in den folgenden Tabelle 11 PV-Anlage bis Tabelle 14 Autarkiegrad zusammengefasst.

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

Tabelle 11 PV-Anlage

PV-Generatorleistung	121,36	kWp
Spez. Jahresertrag	914,52	kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	92,45	%
Ertragsminderung durch Abschattung	0,3	%/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	110.995	kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	11.678	kWh/Jahr
Batterieladung	6.994	kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0	kWh/Jahr
Netzeinspeisung	92.323	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	16,8	%
Vermiedene CO₂-Emissionen	51.854	kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)

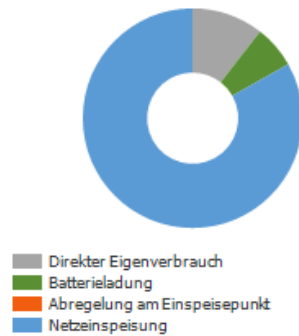


Tabelle 12 Schätzung des Verbrauchs des Atriums und Gegenstellung mit der PV-Produktion

Verbraucher	26.082	kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	9	kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	26.091	kWh/Jahr
gedeckt durch PV	11.678	kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	6.361	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	8.052	kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	69,1	%

Gesamtverbrauch

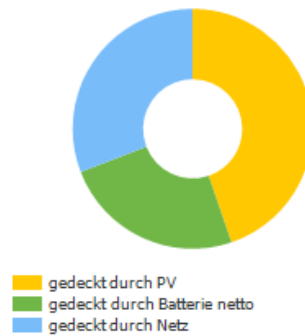


Tabelle 13 Batteriesystem

Kapazität	26	kWh
Batterieladung (Gesamt)	6.997	kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	6.994	kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	2	kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	6.363	kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	485	kWh/Jahr
Verluste in Batterie	174	kWh/Jahr
Zyklenbelastung	5,3	%
Lebensdauer	19	Jahre

Batterieladung (Gesamt)

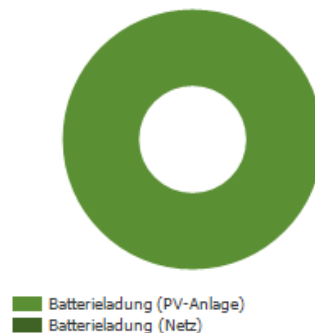


Tabelle 14 Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	26.091	kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	8.052	kWh/Jahr
Autarkiegrad	69,1	%

Die nachfolgende Abbildung 13 zeigt die prognostizierte Deckung des Stromverbrauchs durch die PV-Anlage mit Batteriespeicher über ein Jahr.

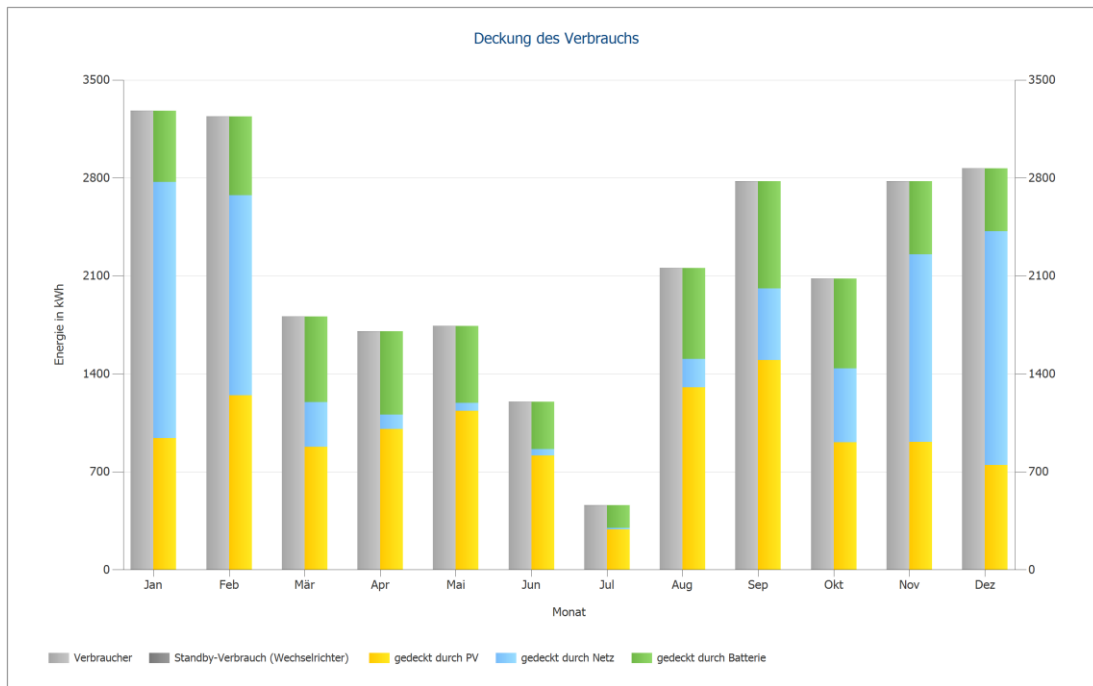


Abbildung 13 Deckung des Gesamtverbrauchs

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ist in den Tabellen 15 und 16 dargestellt. In der Investitionssumme sind die Kosten für die Module, den Wechselrichter, die Batterie, die Verkabelung, die Montage, die Lieferung und der Löhne enthalten. Die Kosten für die Planung sind nicht inbegriffen. Hierfür ist ein Zuschlag von ca. 15 % anzunehmen. Sofern eine Unterbringung der Wechselrichter und der Batteriespeicher innerhalb des Gebäudes nicht möglich ist, müssen weitere Kosten für die Schaffung zusätzlicher Räumlichkeiten einkalkuliert werden.

Tabelle 15 Zahlungsübersicht

spezifische Investitionskosten	1.172,71	€/kWp
Investitionskosten	142.320,00	€
PV-Anlage	121.360,00	€
Batterie	20.960,00	€

Tabelle 16 Vergütung und Ersparnisse

Gesamtvergütung im ersten Jahr	4.891,54	€/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	4.291,12	€/Jahr
EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen		
Gültigkeit	19.12.2022 - 31.12.2042	
Spezifische Einspeisevergütung	0,053	€/kWh
Einspeisevergütung	4891,5363	€/Jahr
LK Cloppenburg (Example)		
Arbeitspreis	0,238	€/kWh
Grundpreis	50	€/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	4	%/Jahr

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

4.3 SV 2: SOLE-WÄRMEPUMPE FÜR HEIZUNG

2025 wird die Heizung 20 Jahre alt sein und wird dann das Ende seiner theoretischen Lebensdauer erreichen. Es wird überprüft, ob der Gas-Kessel durch eine Sole/Wasser Wärmepumpe ersetzt werden kann. Da das Gebäude im Ist-Zustand schon die GEG-Anforderungen erfüllt, sollte es mit einem elektrischen Heizstab für die kältesten Tagen (ca. 2% der Zeit) möglich sein.

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 50 kW (die Heizlast des Gebäudes ist mit ca. 48,5kW berechnet worden) vorgesehen und eine Vorlauftemperatur auf 55°C eingestellt (falls noch nicht den Fall wäre). Hierdurch können bis zu 98 % 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 Niedersachsen¹⁰ 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 8 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. Die flachen Heizkörper des Gebäudes sind für eine Vorlauftemperatur von 55°C geeignet. Wenn die aktuelle Vorlauftemperatur höher als 55°C eingestellt ist, sollen zusätzliche Heizflächen geschaffen werden oder gleichzeitig Dämmmaßnahmen (wie z.B. einen Fenster- und Türentausch, vgl. SV2) durchgeführt werden. Für die weitere Betrachtung in diesem Bericht wird gleichzeitig zum Einbau der Wärmepumpe 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.

¹⁰ <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?TH=545.314>

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	Bezugsgröße	Summe [€]
Sole-Wasser-Wärmepumpe	$(8.850 + 520 \cdot \text{kW}) \cdot 1,25$	50 kW	44.000
Tiefensonden	$(630 + 75 \cdot \text{Länge}) \cdot 1,25$	725 m	69.000
Sole-Wärmepumpe gesamt			113.000
Hydraulischer Abgleich	$(1,6 \cdot \text{Fläche} + 515) \cdot 1,25$	2115 m ²	5.000
Gesamtausgaben			118.000

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 40 % 25 % Wärmepumpe + 5 %, da die Wärmepumpe die Wärmequelle Erdreich oder Grundwasser nutzt + 10 % Heizungstausch-Bonus, da die vorhandene, funktionstüchtige Gasheizung vor mehr als 20 Jahren in Betrieb genommen wurde (2004)
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

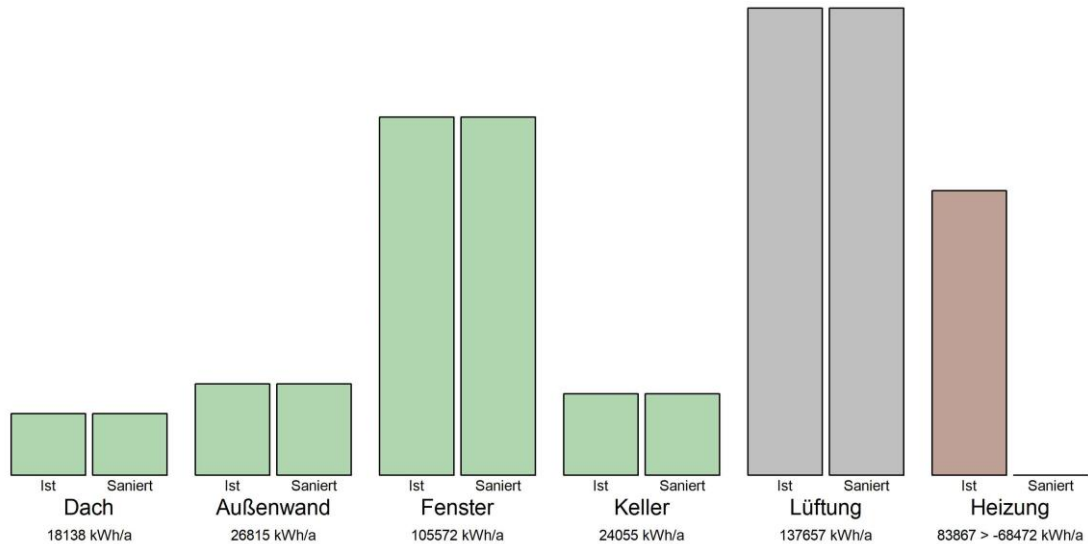
Über das Förderprogramm der BEG könnte für einen Austausch nach 20 Jahren Betriebszeit ein Zuschuss über 40% von 47.200 € beantragt werden.

Mit dieser Maßnahme wird das Effizienzgebäude Niveau 100 erreicht.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **56 %**.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 271851 kWh/Jahr reduziert sich auf 119720 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 152131 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 842 kg CO₂/Jahr erhöht. Dies wirkt sich negativ auf den Treibhauseffekt aus und schadet unserem Klima.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 102 kWh/m² pro Jahr.

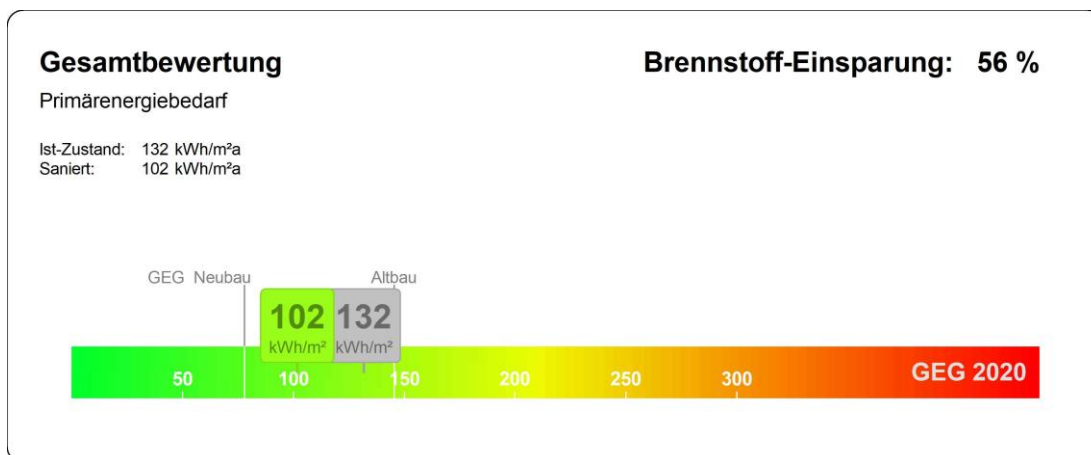


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf SV2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	118.000 EUR
Mögliche Fördermittel	47.200 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 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 2

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	5.579	5.579
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	42.534	80.355
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	48.113	85.934
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	19.569	123.664
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	37.730
Amortisationszeit	-	3 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 3 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.

4.4 SV 3: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Die Fenster sind original und weisen einen U-Wert von 1,5W/m²K auf. Alle Fenster (inklusive Passage zum Altbau) werden in dieser Sanierungsvariante ausgetauscht. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w-Wert von ≤ 0,95 W/m²K anzusetzen. Die Fenster werden durch eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U_w-Wert von 0,9 W/m²K ersetzt. Die getauschte Fensterfläche entspricht etwa 630 m². Außerdem werden die bestehenden Außentüren ebenfalls durch neue Türanlagen mit einem U_w-Wert von 1,1 W/m²K ersetzt.

Die Maßnahme lässt sich gut mit einer Außenwanddämmung (siehe Sanierungsvariante 5) kombinieren. Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Fenster Rückbau	27,67		
Alu-Fenster inkl. Einbau	1.143,94		
Glasfassade gesamt	1.200	630	760.000
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
Außentüren	2.150	11	24.000
Gesamtausgaben			784.000

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

Mit der Maßnahme verringert sich die Wärmeverluste durch die Fenster um ca. 36%.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

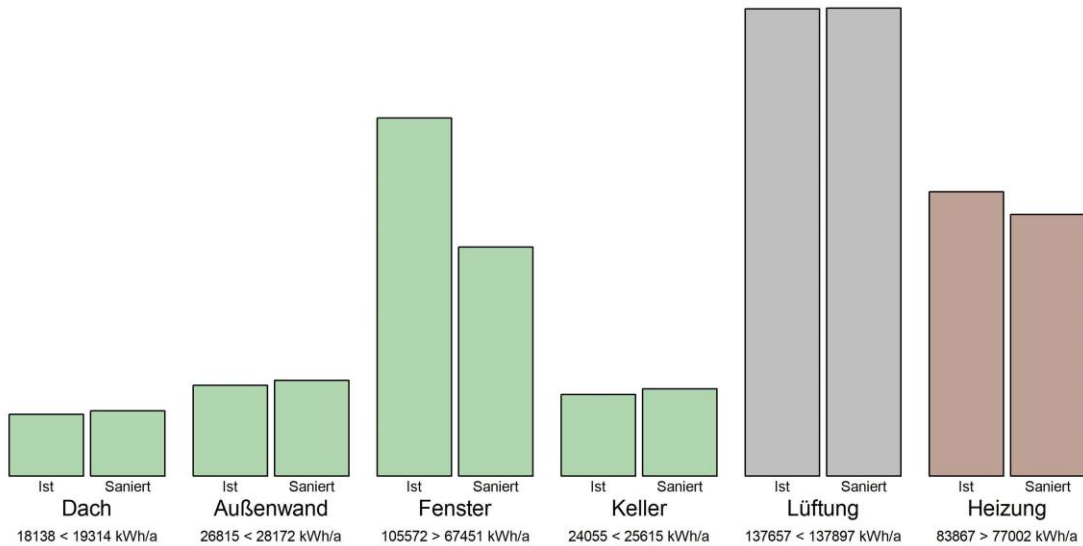
Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 €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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 117.600 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 13 %.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 271851 kWh/Jahr reduziert sich auf 236402 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 35448 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7916 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 115 kWh/m² pro Jahr.

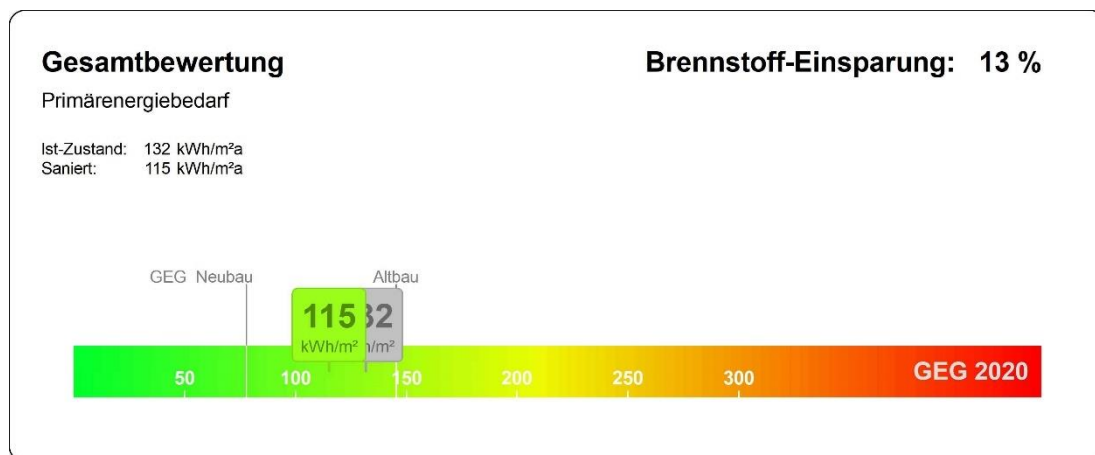


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	784.000 EUR
Mögliche Fördermittel	117.600 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 20 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	9.898	9.898
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	20.931	129.184
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	30.829	139.082
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	23.428	148.054
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	8.972
<i>Amortisationszeit</i>	-	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.

4.5 SV 4: LED-BELEUCHTUNG

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



Abbildung 16 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 [€]
Klassenzimmer	80	1330	107.000
WC und Sanitär	90	100	9.000
Verkehrsfläche	45	690	32.000
Gesamtausgaben			148.000

Die Preise beruhen auf Licht-Berechnungen von Beispielräumen 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 22.200 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (2.9)

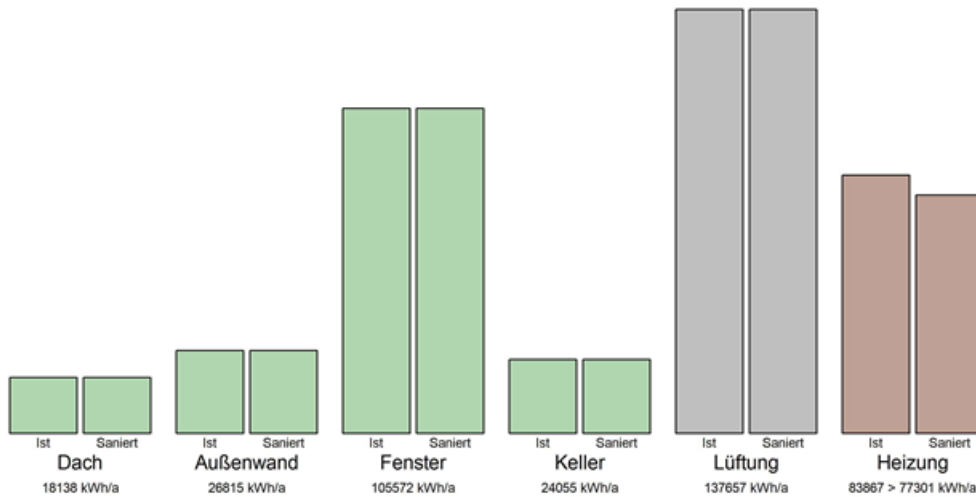
Info	Gefördert wird innerhalb der Kommunalrichtlinie in den investiven Förderungsschwerpunkten 2.9 "Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung" der Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung bei Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.
Förderanteil	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 37.000€ (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen bleibt der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes nahezu unverändert.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 271851 kWh/Jahr reduziert sich auf 271042 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 808 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2136 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 129 kWh/m² pro Jahr.

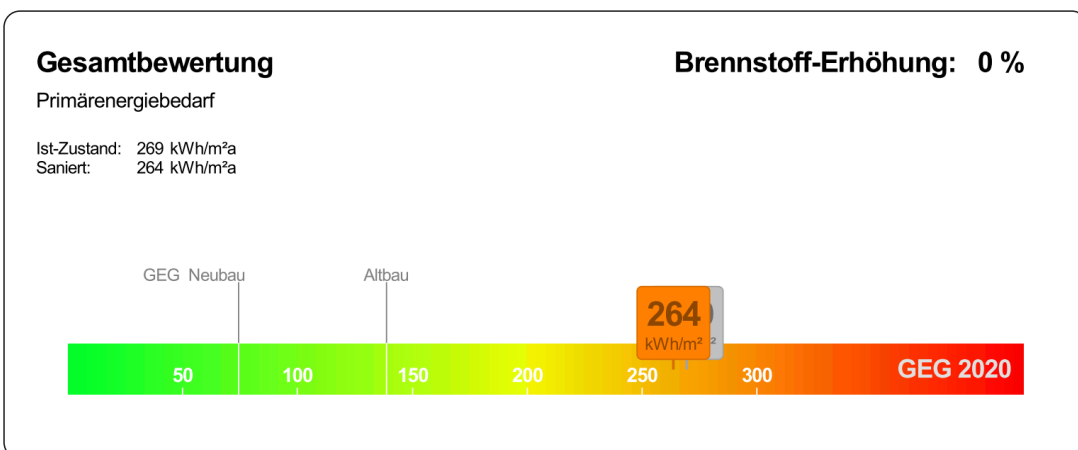


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	148.000 EUR
Mögliche Fördermittel nach Kommunalrichtlinie	37.000 EUR
Mögliche Fördermittel nach BEG-EM	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 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 22 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	6.025	2.016
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	118.077	121.927
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	124.102	123.943
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	134.132	123.664
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	10.030	Keine Einsparung
Amortisationszeit	7 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 nicht.

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: AUßENDÄMMUNG

In dieser Variante werden die Außenwände des Atriums von außen gedämmt. Diese Maßnahme lässt sich mit dem in der Variante 1 beschriebenen Fenstertausch gut kombinieren.



Abbildung 18 Nordfassade des Atriums

Die hinterlüftete Klinkerfassade (ca. 630m²) lässt sich schwer nachträglich dämmen. Daher werden beide Klinker- und Dämmschicht entfernt und durch eine 16cm Mineralwollendämmung mit Wärmeleitstufe 035. Die neue Wärmedämmung kann als Wärmedämmverbundsystem angebracht werden, mit ca. 1,5cm Außenputz. Mit dieser Maßnahme verringern sich die Wärmeverluste durch die Wände um ca. 45%. Die Außendämmung wird mit 15 % gefördert, wenn der resultierende U-Wert kleiner gleich 0,20W/(m²K) ist.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

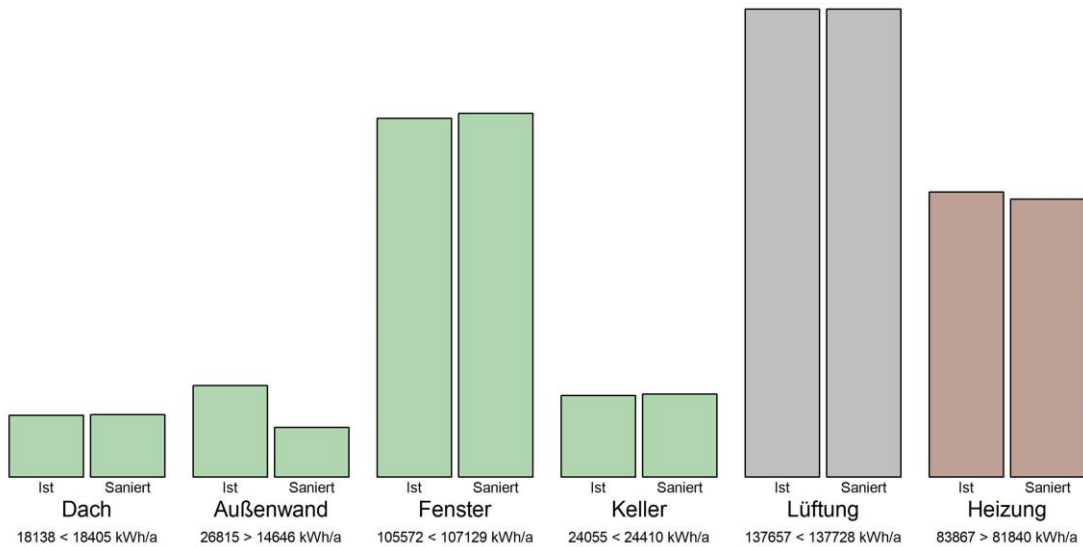
Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 €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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15 % von 19.350 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 4 %.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 271851 kWh/Jahr reduziert sich auf 261435 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 10415 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2326 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 127 kWh/m² pro Jahr.

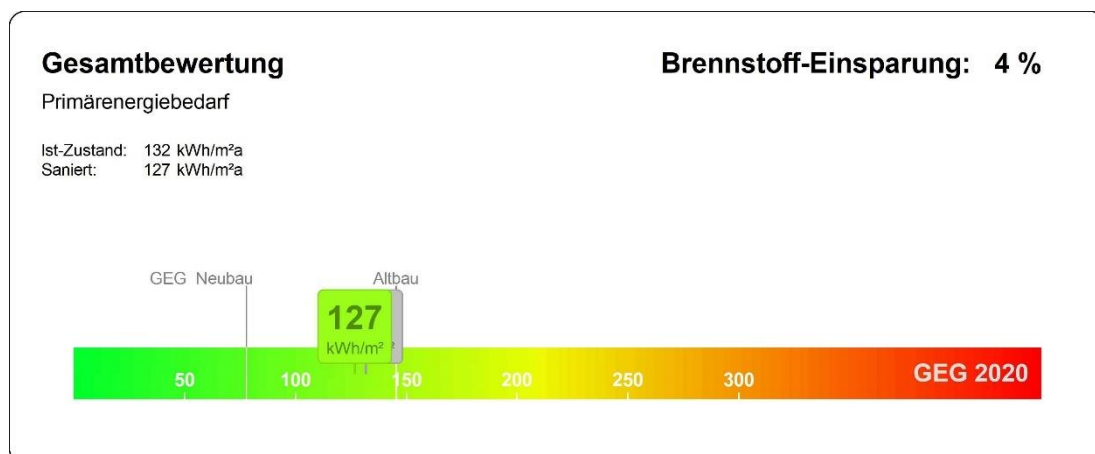


Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 23 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

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 24 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	1.327	1.327
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	22.695	142.510
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	24.021	143.837
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	23.428	148.054
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>4.217</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>9 Jahre</i>

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.

4.7 SV 6: DÄMMUNG DES KELLERS

Das Treppenhaus zum Keller ist beheizt aber die Kellerräume nicht. Die Trennwand zwischen Treppenhaus und Keller sowie die Kellerdecke werden in diesem Maßnahmenpaket gedämmt:

- Die Trennwand mit 14cm unbrennbarem Dämmstoff, WLS 035. Hier wird Mineralwolle betrachtet;
- Die Kellerdecke (ca. 47m²) mit 10cm unbrennbarem Dämmstoff, WLS 035. Hier auch wird Mineralwolle betrachtet.

Die Dämmmaßnahme wird mit 15% gefördert, wenn die resultierenden U-Werte 0,25 W/m²K nicht überschreiten.

Bei der Durchführung soll ein Brandschutzbegutachter beauftragt werden.

Mit diesem Maßnahmenpaket werden die Wärmeverluste des unteren Gebäudeabschluss um ca. 22% verringert.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Trennwanddämmung	90	25	3.000
Kellerdeckendämmung	44	47	2.000
Gesamtausgaben			5.000

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).

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

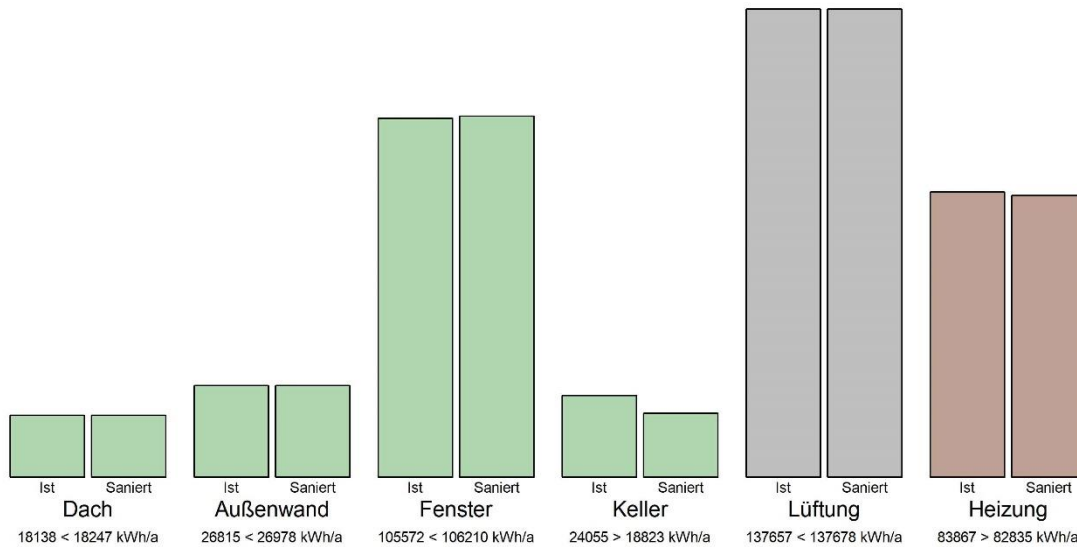
Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 €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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15 % von 750 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 2 %.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 271851 kWh/Jahr reduziert sich auf 267205 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4646 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1038 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 130 kWh/m² pro Jahr.

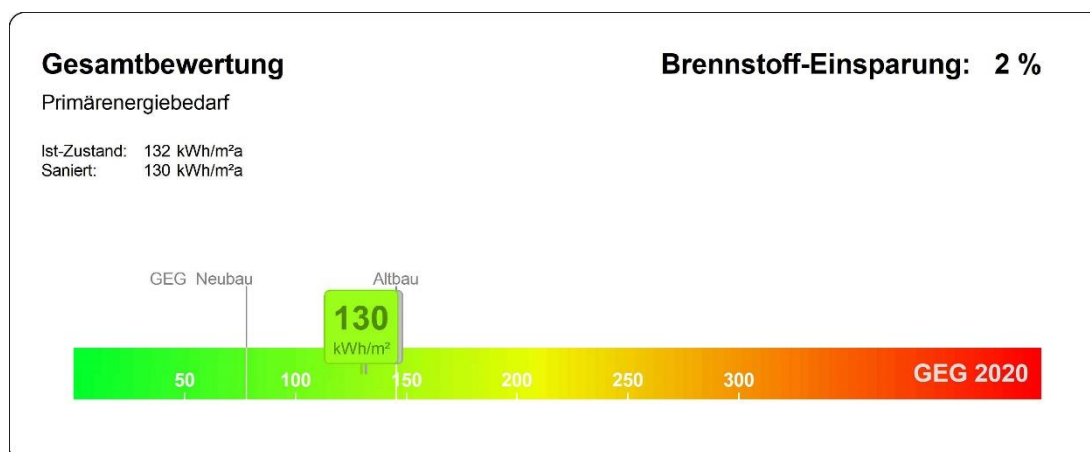


Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 25 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	5.000 EUR
Mögliche Fördermittel	750 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 26 Einsparpotenzial, SV 6

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	255	255
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	23.101	145.581
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	23.356	145.836
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	23.428	148.054
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	2.218
Amortisationszeit	-	4 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb 40 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 4 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: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - Photovoltaik-Anlage

Var.2 - Einbau Wärmepumpe

Var.3 - Fenster- und Türentausch

Var.4 - LED Beleuchtung

Var.5 - Außendämmung

Var.6 - Kellerdämmung

kombiniert.

Bei der Kombination von Maßnahmen (Sanierungsvariante 7) wird sogar der Effizienzgebäude-Standard 70 EE erreicht, mit einem Anteil an erneuerbaren Energien über 65%.

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

Mit der Erreichung des EG 70 EE Niveaus kann sogar über das Förderprogramm der BEG ein Zuschuss von (als kommunale Antragsteller) 30 % beantragt werden.

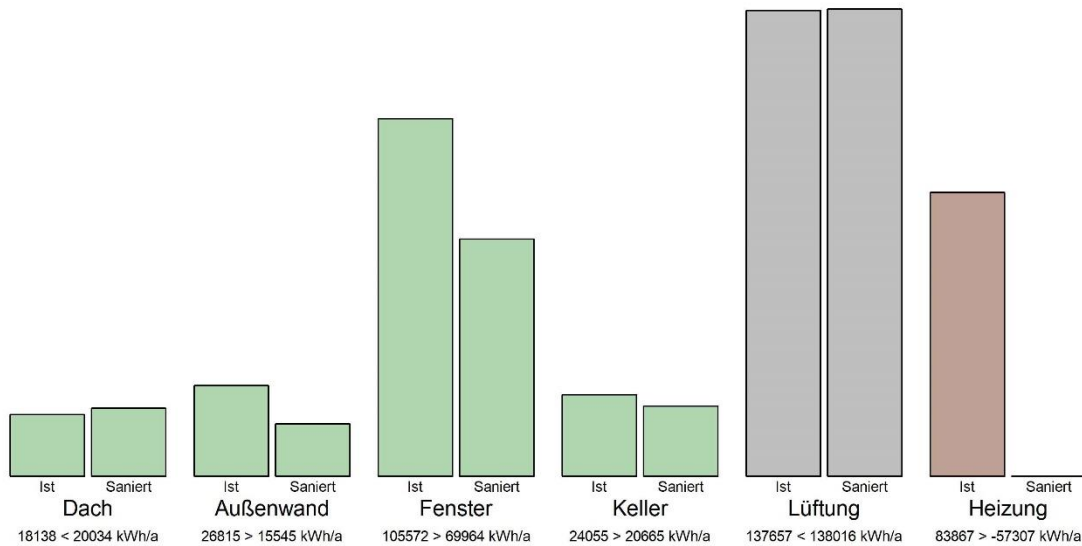
<i>Fördermöglichkeiten</i>				
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>
<i>Var. 1</i>	<i>Photovoltaik-Anlage</i>	<i>BEG EM</i>		
		202.000		
<i>Var. 2</i>	<i>Sole/Wasser Wärmepumpe</i>	<i>BEG EM</i>	40	<i>bis zu 47.200</i>
<i>Var. 3</i>	<i>Fenster- und Türentausch</i>	<i>BEG EM</i>	15	<i>bis zu 117.600</i>
<i>Var. 4</i>	<i>LED-Beleuchtung</i>	<i>BEG EM</i>	15	<i>bis zu 22.200</i>
			25	<i>bis zu 37.000</i>
<i>Var. 5</i>	<i>Außendämmung</i>	<i>BEG EM</i>	15	<i>bis zu 19.350</i>
<i>Var. 6</i>	<i>Kellerdämmung</i>	<i>BEG EM</i>	15	<i>bis zu 750</i>
<i>Summe, Förderung als BEG EM</i>		1.386.000	15 bis 40	<i>bis zu 244.100</i>
<i>Summe, Förderung als BEG EG 70 EE (ohne PV)</i>		1.184.000	30	<i>bis zu 355.200</i>

Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **65 %**.

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 271851 kWh/Jahr reduziert sich auf 96243 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 175608 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 11930 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 59 kWh/m² pro Jahr.

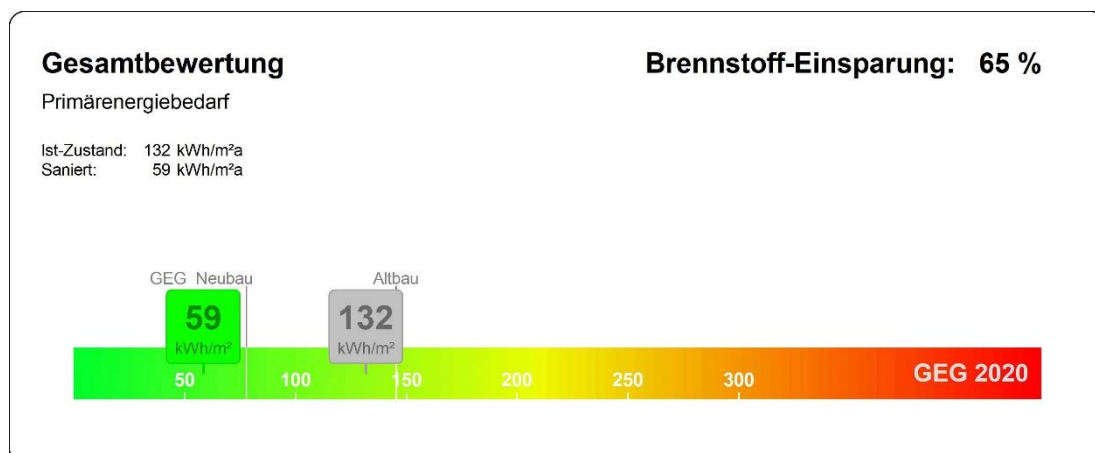


Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 27 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	1.386.000 EUR
Mögliche Fördermittel als Einzelmaßnahmen	244.100 EUR
Mögliche Fördermittel als Gesamtpaket	355.200 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 28 Einsparpotenzial, SV 7

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	38.729	38.729
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	50.923	77.356
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	89.652	116.085
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	23.428	148.054
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	31.969
Amortisationszeit	-	21 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 21 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.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

	Alte Preise	Neue Preise	
Betrachtungszeitraum	30	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	13.132	82.987	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	22.956	43.359	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	3,00	3,00	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	4,00	4,00	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	4,00	%
Interner Zinsfuß	-	8,59	%

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremse 2023

Wie Ende 2022 bekanntgegeben wurde, wird es in Deutschland ab dem Frühjahr 2023 eine Preisbremse für Strom und Gas geben. Dies führt zu neuen Preisen, die die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verändern. Die Kostenannahmen der Preisbremse sind in Tabelle 29 dargestellt.

Tabelle 29 Kostenannahmen Preisbremse

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

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

Tabelle 30 Einsparpotenzial, SV 7 mit Preisbremse

	mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	38.729
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	70.488
Summe	109.370
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	78.548
Einsparung	Keine Einsparung
Amortisationszeit	-

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

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

	Preisbremse	
<i>Betrachtungszeitraum</i>	30	Jahre
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand</i>	44.027	EUR/Jahr
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand</i>	39.510	EUR/Jahr
<i>Kalkulationszinssatz</i>	3,00	%
<i>Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen</i>	4,00	%
<i>Teuerungsrate für Brennstoff</i>	4,00	%
<i>Interner Zinsfuß</i>	-	%

4.9 EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG

In dieser Variante werden die zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen kombiniert. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden. Zudem kann, wenn ein Anteil an erneuerbaren Energien mindestens 55 % des für die Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes erforderlichen Energiebedarfs erbracht wird, eine Effizienzgebäude EE-Klasse erreicht werden. Für einen Effizienzgebäude-Standard 70 können seit Mitte dieses Jahres keine Fördermittel mehr beantragt werden.

GEG- und BEG-Anforderungen

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Nutzung	Nichtwohngebäude
Beheiztes Gebäudevolumen $V_{0,be}$	7750,9 m ³
Hüllfläche A	3653,7 m ²
Nettogrundfläche A_{NGF}	2115,3 m ²
Fensterfläche	633,1 m ²
Außentürfläche	6,7 m ²
Bauart des Gebäudes	nicht leichte Bauart
Gebäudetyp	freistehend

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_{p,0}$	kWh/m ² a	60,9	✓ 145,5	103,9	✗ 41,6	✗ 57,1	✓ 72,7	✓ 103,9	✓ 166,2
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,16	✓ 0,56		✓ 0,18	✓ 0,22	✓ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	0,90	✓ 2,66		✓ 1,00	✓ 1,20	✓ 1,40	✓ 1,80	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	0,96	✓ 4,34		✓ 1,60	✓ 2,00	✓ 2,40	✓ 3,00	

* EH 100 für Bestandsgebäude wird nur noch bis zum 28.07.2022 gefördert.

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	22340	11,6
Wärmepumpen	101158	52,7

✓ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 55 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 64,3%

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung des Clemens-August-Gymnasiums in Cloppenburg und des dazugehörigen Atriums. Für den vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Atriums 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 6 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 56 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Wechsel des Gas-Brennwertgerätes gegen eine Sole-Wasser-Wärmepumpe.

Baulich bietet die Sanierung aller Fenster und Türen (SV 3) das größte Einsparpotential. Hierdurch könnten 13 % der Endenergie eingespart werden, wodurch der CO₂-Ausstoß pro Jahr um mehr als 7 Tonnen sinken würde.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 56 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 20 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Der Effizienzgebäude-Standard 70 EE wird damit 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, immer noch bei ca. 52 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:

Heizwert / Brennwert

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

Energiebedarf

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

Jahres-Primärenergiebedarf

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

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

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.

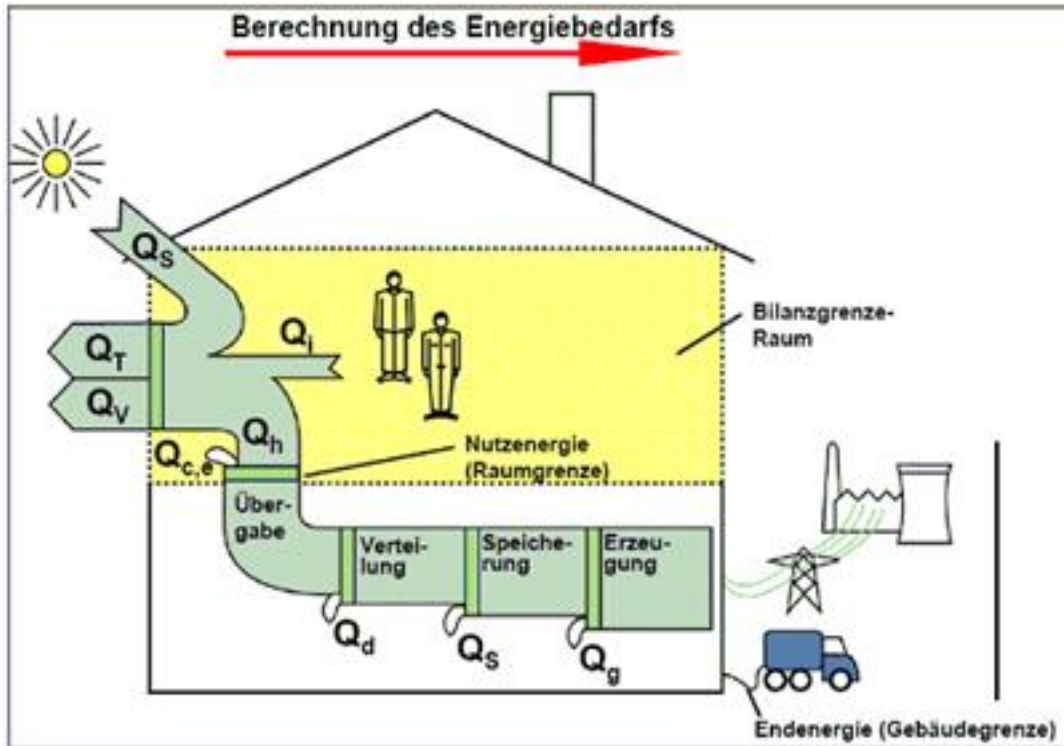


Abbildung 22 Berechnung des Energiebedarfs

Nutzenergie

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

Transmissionswärmeverluste Q_T

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

Lüftungswärmeverluste Q_V

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

Trinkwassererwärmung

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

U-Wert (früher k-Wert)

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

Solare Wärmegewinne Q_s

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

Interne Wärmegewinne Q_i

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

Anlagenverluste

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

Wärmebrücken

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

Gebäudevolumen V_e

Das beheizte Gebäudevolumen ist das 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 Geschosdecke 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.