



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

FÜR DEN ANBAU 2 DER BERUFSBILDENDEN SCHULEN AM MUSEUMSDORF

Auftraggeber
Landkreis Cloppenburg
Eschstr. 29
49661 Cloppenburg

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Ansprechpartner: Christof Kattenbeck

Greven, den 25.04.2023



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	11
3 Ausgangssituation.....	12
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	12
3.2 FOTODOKUMENTATION	14
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	15
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	18
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	18
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	19
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	21
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung	21
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	22
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	23
3.7.1 Heizungsanlage.....	23
3.7.2 Beleuchtung	23
3.7.3 Lüftungstechnik.....	23
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	24
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	24
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	25
3.8.3 Energiekosten	28
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	28
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	29
4 Sanierungsvarianten.....	30
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	30
4.2 SV 1: FENSTERTAUSCH VOR BJ. 2009+TÜREN	31
4.3 SV 2: DÄMMUNG NORD-, OST-, SÜDFASSADE	34
4.4 SV 3: LED-BELEUCHTUNG	38

4.5	SV 4: KELLERDECKENDÄMMUNG/KRIECKKELLER.....	42
4.6	SV 5: REGENERATIVE NAHWÄRME	46
4.7	SV 6: MAßNAHMENKOMBINATION	47
4.8	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG.....	51
5	Fazit	53
6	Anhang	54
A.1	GLOSSAR	54

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert) NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 05.03.2023)	12
Abbildung 2 3D-Ansicht Berufsbildende Schulen am Museumsdorf Anbau 2	15
Abbildung 3 Nutzungszonen	16
Abbildung 4 Grundriss KG, zониert.....	16
Abbildung 5 Grundriss EG, zониert.....	16
Abbildung 6 Grundriss zониert, 1. OG	17
Abbildung 7 Grundriss zониert, 2. OG	17
Abbildung 8 Grundriss zониert, 3. OG	17
Abbildung 9 Grundriss zониert, 4. OG	17
Abbildung 10 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	19
Abbildung 11 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	20
Abbildung 12 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste.....	25
Abbildung 13 Energiebilanz des Gebäudes	26
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	26
Abbildung 15 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Anbaus 2.....	27
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	32
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	36
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	40
Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	44
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	46
Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6	48
Abbildung 22 EG-Betrachtung Anbau 2 Berufsbildende Schulen am Museumsdorf	52
Abbildung 23 EG-Betrachtung Anbau 2 Berufsbildende Schulen am Museumsdorf mit stärkerer Dämmstoffdicke	52
Abbildung 24 Berechnung des Energiebedarfs	55

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	13
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung.....	15
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	18
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	19
Tabelle 5 Gebäudekennwerte	21
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	24
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung	24
Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	25
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger	28
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger.....	28
Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie.....	28
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	33
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1	33
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	37
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2	37
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	41
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 3	41
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	45
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 4	45
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6	49
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 6	49
Tabelle 22 Kostenannahmen Preisbremse	50
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 6 mit Preisbremse.....	50

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für den Anbau 2 der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf 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 Energie für den Landkreis Cloppenburg erstellt.

Hierzu erfolgte eine Datenerhebung am Bestandsgebäude vor Ort und nach Plan. Die Bedarfsberechnung wurde in Anlehnung an die DIN 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 Durchführenden. 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 „Energieberater 18599 3D“ der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG¹ durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

¹ <https://www.hottgenroth.de>

2 ZUSAMMENFASSUNG

2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

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

Ist-Zustand

Var.1 – Fenstertausch vor Bj. 2009+Türen

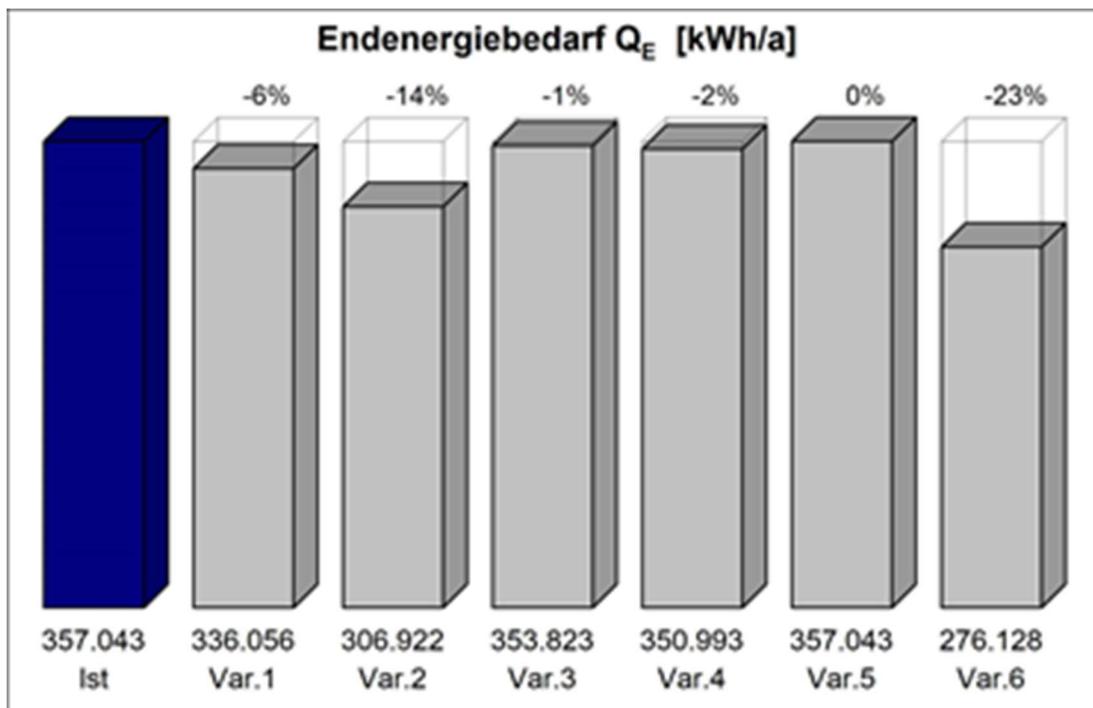
Var.2 – Dämmung Nord-, Ost-, Südfassade

Var.3 – LED-Beleuchtung

Var.4 – Kellerdekkendämmung/Kriechkeller

Var.5 – Regenerative Nahwärme

Var.6 – Maßnahmenkombination



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

Ist-Zustand

Var.1 - Flachdachdämmung

Var.2 - Fenster- und Türentausch

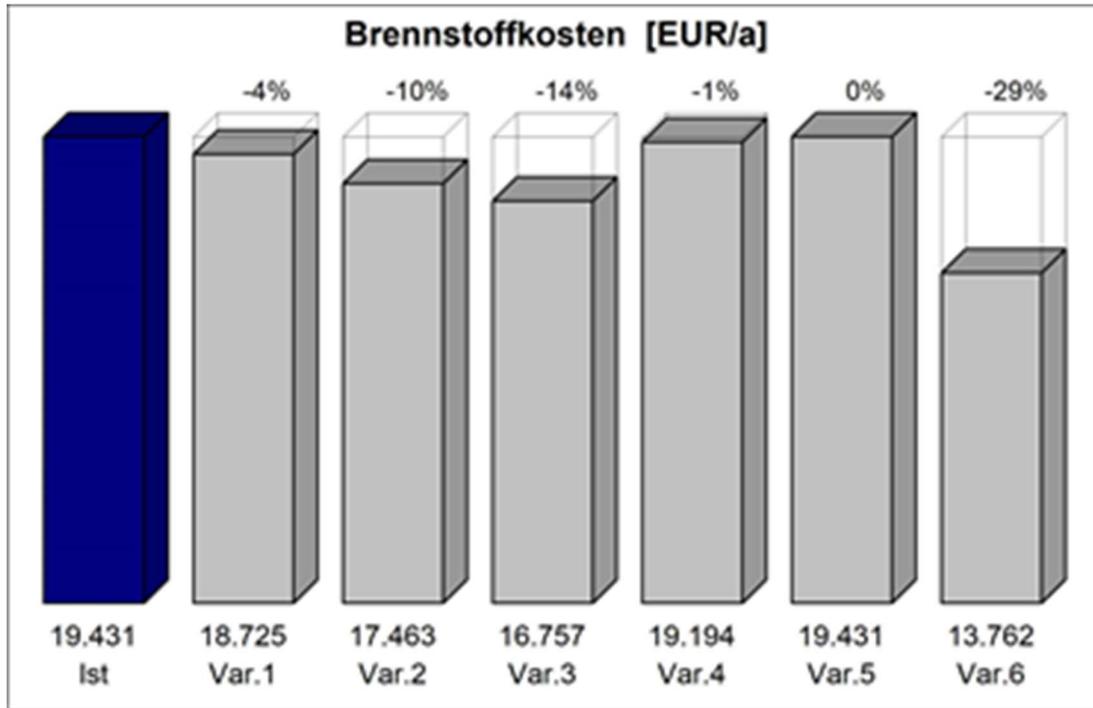
Var.3 - Außenwandsanierung

Var.4 - LED-Beleuchtung

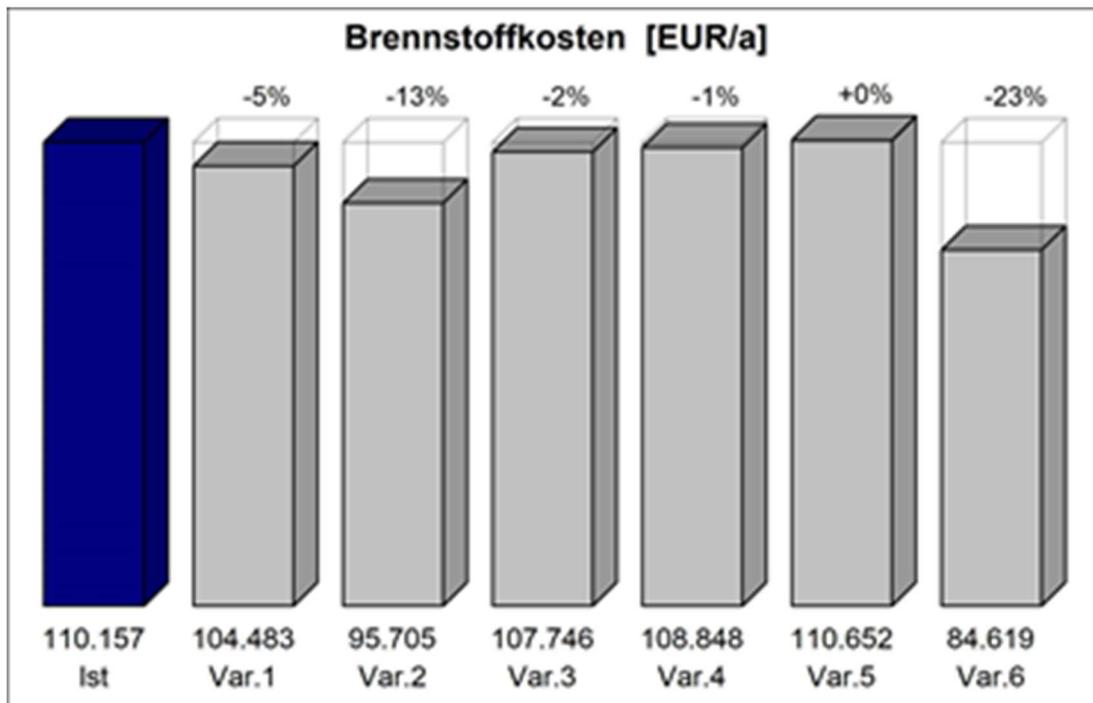
Var.5 - Regenerative Nahwärme

Var.6 - 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.

Ist-Zustand

Var.1 – Fenstertausch vor Bj. 2009+Türen

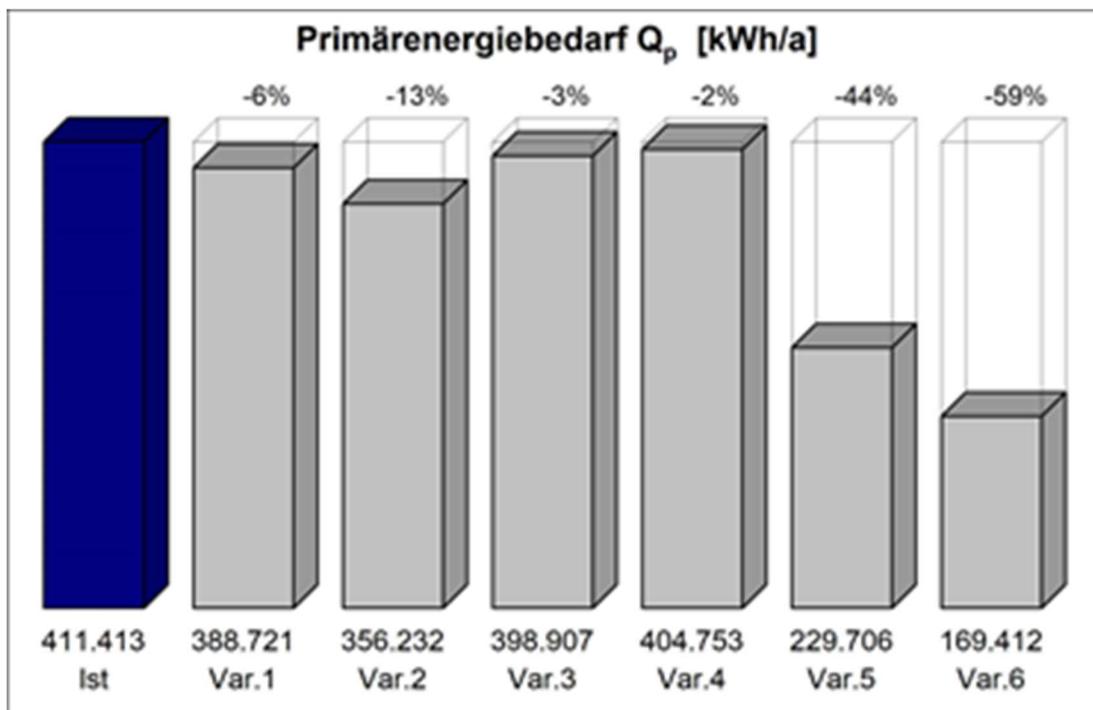
Var.2 – Dämmung Nord-, Ost-, Südfassade

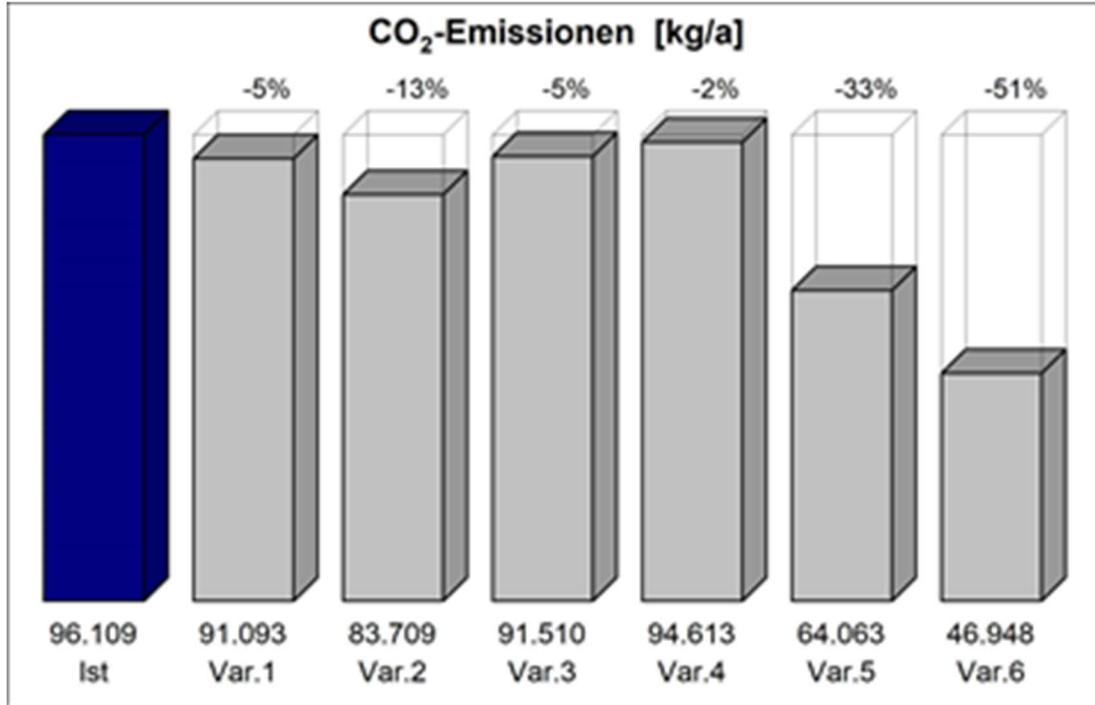
Var.3 – LED-Beleuchtung

Var.4 – Kellerdekkendämmung/Kriechkeller

Var.5 – Regenerative Nahwärme

Var.6 – Maßnahmenkombination

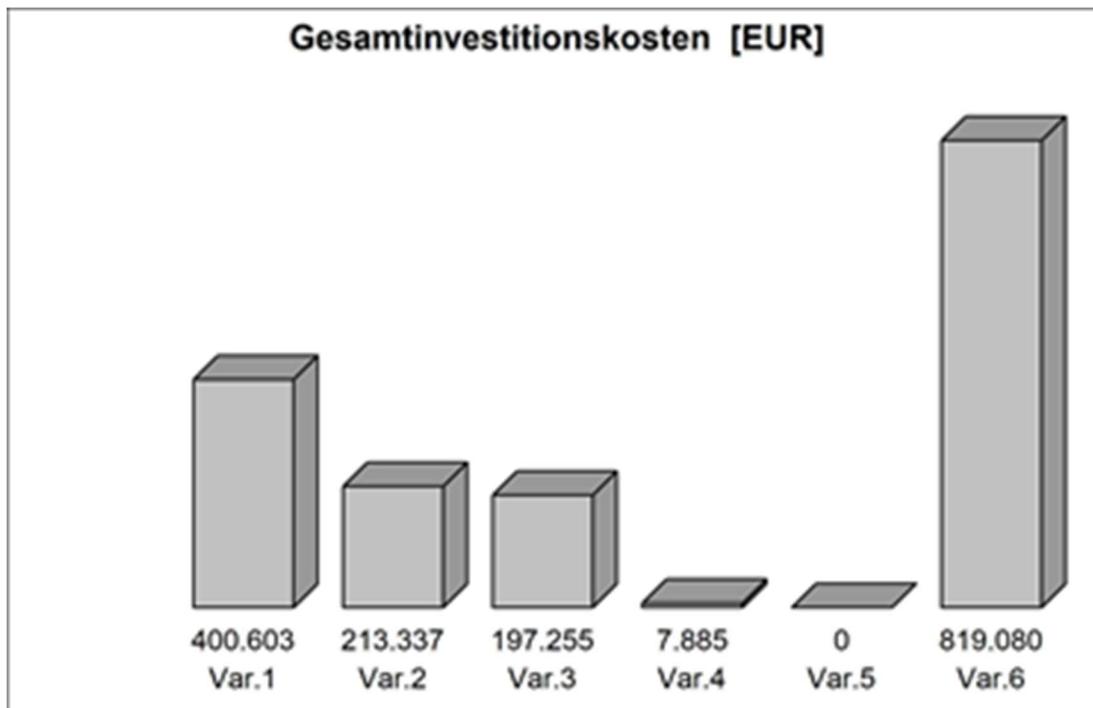




2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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 – Fenstertausch vor Bj. 2009+Türen
- Var.2 – Dämmung Nord-, Ost-, Südfassade
- Var.3 – LED-Beleuchtung
- Var.4 – Kellerdekkendämmung/Kriechkeller
- Var.5 – Regenerative Nahwärme
- Var.6 – Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

In diesem Energieberatungsbericht wird der Anbau 2 (grün markiert, siehe Abbildung 1) der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf betrachtet. Die Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf liegen in der Museumsstraße 14-16 in 49661 Cloppenburg und wurden im Jahr 1957 errichtet. Sie bestehen aus dem Altbau (Trakt 1, 2, 4 und 5) und zwei Anbauten (Trakt 3 und 6). Der Anbau 2 (Trakt 6) wurde in den 1970er bis 1980er Jahren errichtet.

An den Gebäuden wurden bereits einige Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, unter anderem auch am Anbau 2. 2009 wurde die Heizungsanlage inklusive Warmwasserbereitung erneuert, welche den Trakt 6 mitversorgt. 2009 wurde das Flachdach des Traktes 6 saniert. 2011 fand die Sanierung der Westfassade des Traktes 6 statt. 2013 und 2014 wurde die Beleuchtung im ersten und im vierten Obergeschoss erneuert.

Die Wärmeversorgung der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besteht aus einer kleinen und großen Heizzentrale. Die große Heizzentrale besteht aus den beiden Gas-Brennwertkesseln Vitocrossal 300 mit einer Nennleistung von jeweils 460 kW, die neben dem Altbau (vgl. Energieberatungsbericht Berufsbildende Schule am Museumsdorf) auch den Trakt 6 versorgen.



Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)
NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbige. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 05.03.2023)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf Anbau 2</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Schule</i>
<i>Straße, Hausnr.</i>	<i>Museumsstraße 14-16</i>
<i>PLZ, Ort</i>	<i>49661 Cloppenburg</i>
<i>Baujahr</i>	<i>1970er - 1980er</i>
<i>Beheiztes Gebäudevolumen V</i>	<i>15.668 m³</i>
<i>Nettogrundfläche ANGF</i>	<i>3.998 m²</i>
<i>Thermische Hüllfläche</i>	<i>4.614 m²</i>
<i>Mittlere Geschosshöhe</i>	<i>ca. 3,22</i>

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.

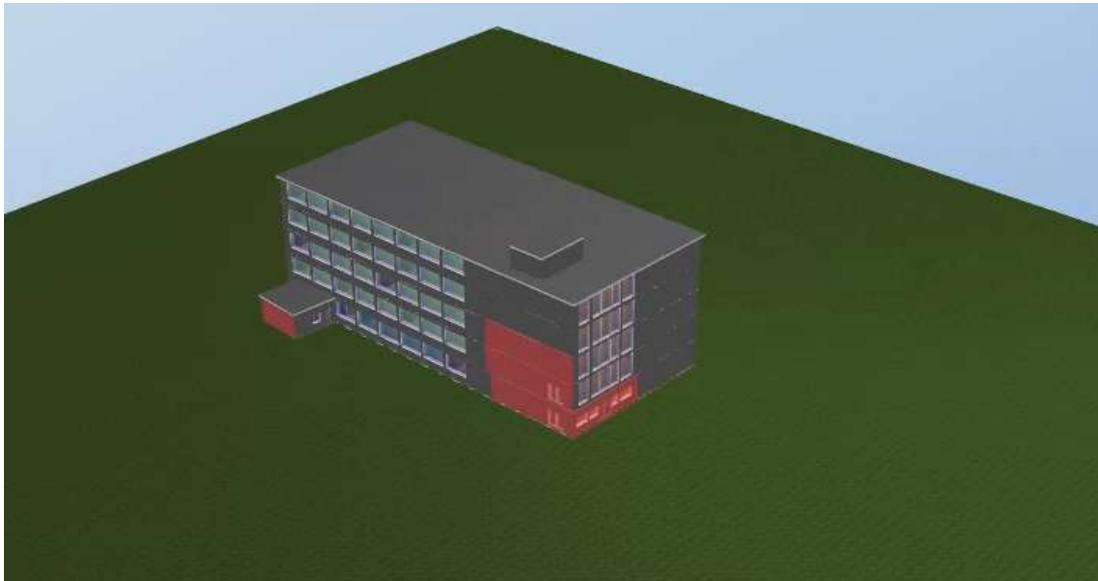


Abbildung 2 3D-Ansicht Berufsbildende Schulen am Museumsdorf Anbau 2

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Thermische Konditionierung	Beleuchtung	Größe in m ²	Anteilige Größe der Zone in %
Lager	beheizt	Leuchtstofflampen KVG und EVG	172	4,3%
Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	141	3,5%
Sonstige Aufenthaltsräume	beheizt	Leuchtstofflampen KVG und EVG	140	3,5%
Verkehrsfläche	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	1.249	31,2%
Küche in NWG	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	131	3,3%
Klassenzimmer	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuchten	1.958	49,0%
WC und Sanitärräume in NWG	beheizt	Leuchtstofflampen KVG und EVG	207	5,2%
Unbeheizt	unbeheizt	-	198	
Summe nur beheizt			3.998	100%
Summe gesamt			4.196	

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

■	Lager
■	Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar
■	Sonstige Aufenthaltsräume
■	Verkehrsfläche
■	Küche in Nichtwohngebäuden
■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Unbeheizt

Abbildung 3 Nutzungszonen

In der folgenden Abbildung sind die zonierten Grundrisse der einzelnen Geschosse zu sehen:

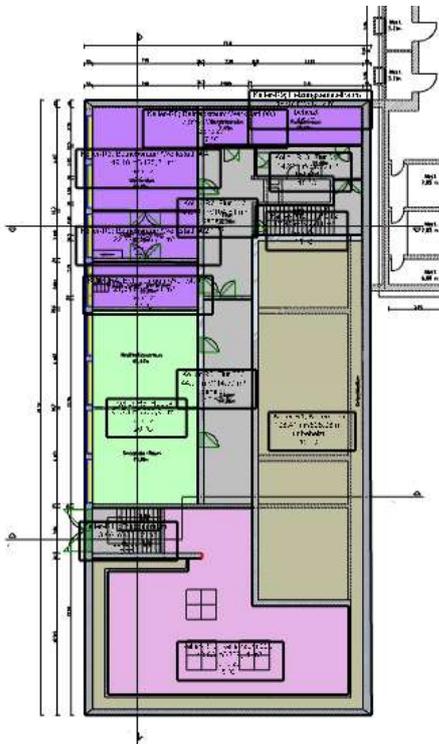


Abbildung 4 Grundriss KG, zoniert

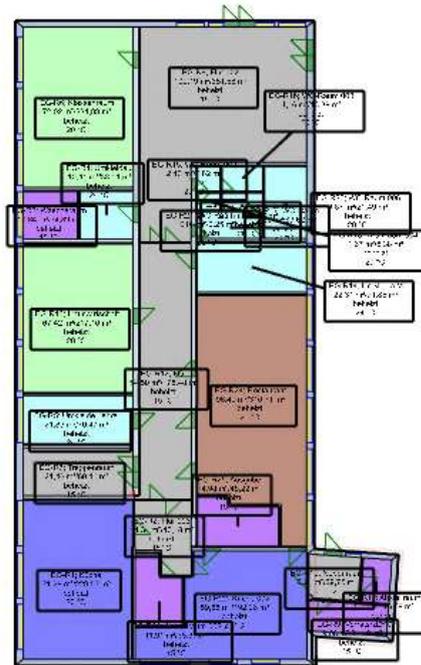


Abbildung 5 Grundriss EG, zoniert

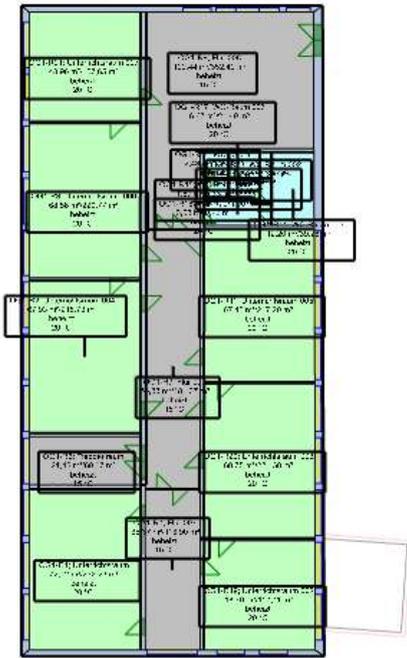


Abbildung 6 Grundriss zoniert, 1. OG

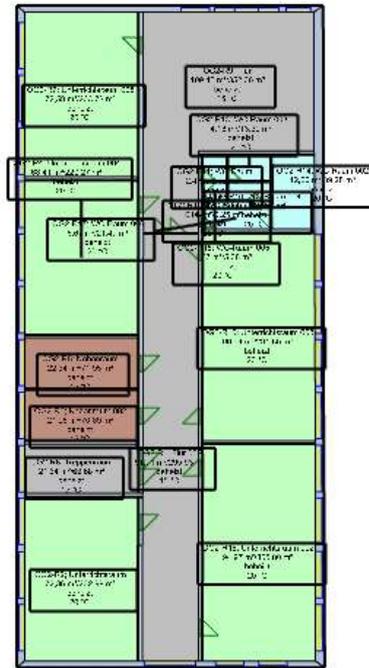


Abbildung 7 Grundriss zoniert, 2. OG

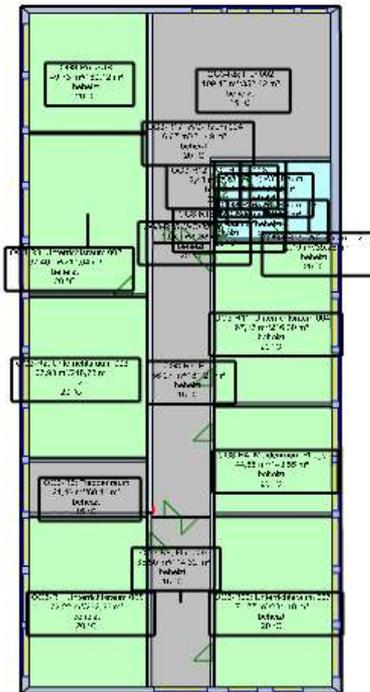


Abbildung 8 Grundriss zoniert, 3. OG

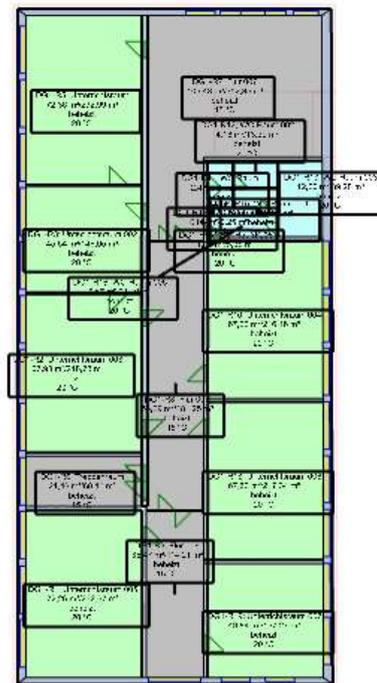


Abbildung 9 Grundriss zoniert, 4. OG

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

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

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

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

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der Jahre 2016 bis 2018 für alle Gebäude der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf (Altbau und Anbauten) dargestellt. Informationen zu den Verbräuchen für die Jahre 2019 bis 2022 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht vor.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	788.137	804.151	806.708	799.665
Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	1,07	1,10	1,14	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	841.147	885.812	917.965	881.641
Strom [kWh/a]	203.956	283.740	266.228	251.308
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	1.045.103	1.169.552	1.184.193	1.132.949
Wasser [m ³ /a]	2.195	2.423	1.499	2.039

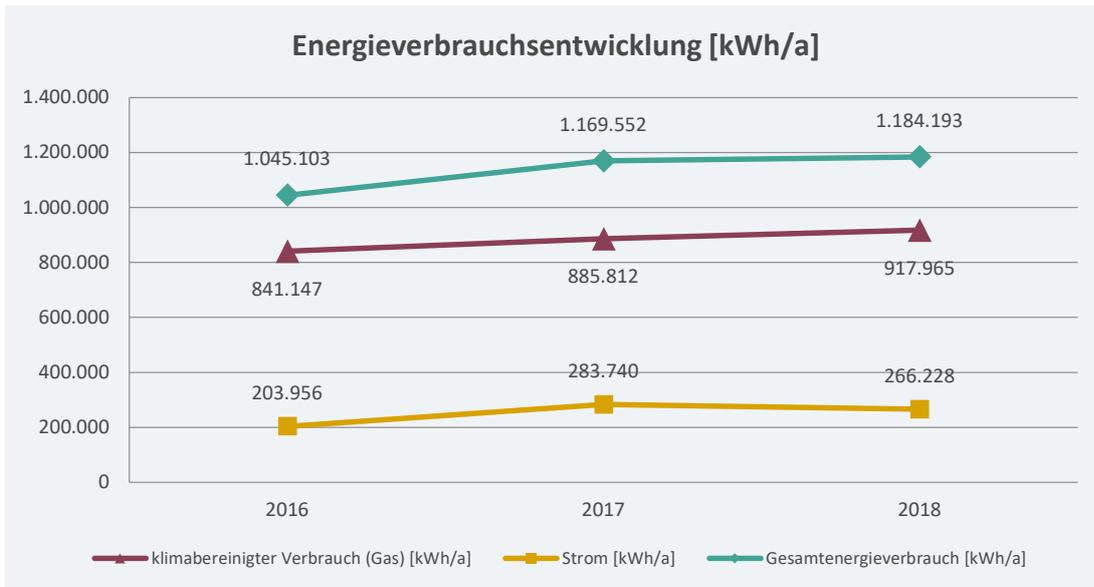


Abbildung 10 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

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 aller Gebäude der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf mit insgesamt 15.386 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Schulen ohne Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom		5	16
Wärme		56	97
Wasser		64	133

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

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)

und Energiekosten herangezogen. Nachfolgende Grafik stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser dar.

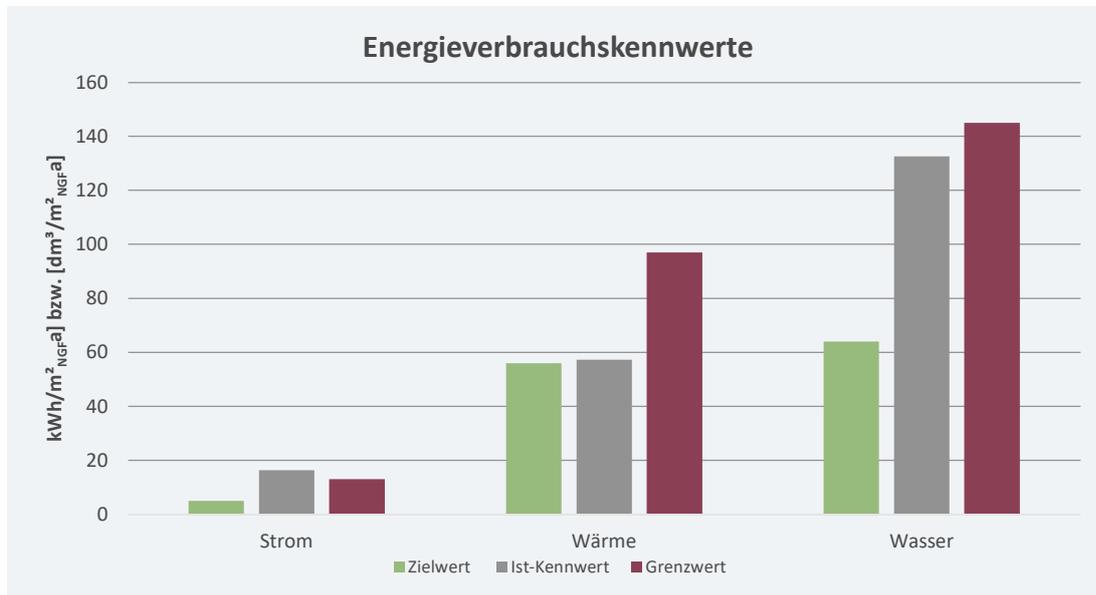


Abbildung 11 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Hervorzuheben ist, dass die Energieverbrauchskennwerte für Wärme und Wasser zwischen den Ziel- und Grenzwerten liegen. Für die Wärmeverbrauchskennwerte ist dies auf die bereits durchgeführten Sanierungsmaßnahmen an den einzelnen Gebäudeabschnitten zurückzuführen. Der Ist-Kennwert für Strom ist minimal höher als der Grenzwert. Durch eine fortschreitende Sanierung der Beleuchtung kann der Ist-Wert weiter verringert werden.

Dennoch ist der Energieverbrauch stark nutzerabhängig. In Tabelle 3 und in Abbildung 10 ist zu erkennen, dass trotz durchgeführter Sanierungsmaßnahmen, die Verbräuche im Jahr 2017 teils stark gestiegen sind. Im Jahr 2018 sind wiederum Strom- und Wasserverbrauch gesunken.

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 KfW mit angegeben⁴. 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

Bauteil	U-Wert [W/(m ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	BEG-Förderung ⁶
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich und gegen Keller</i>			
Bodenplatte	1,00	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Westfassade saniert	0,20	0,24	0,20
Nord-, Ost-, Südfassade unsaniert	1,00	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Flachdach saniert	0,20	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Holzfenster Bj. 2000er	1,60	1,30	0,95

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

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

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

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

Fenster im Treppenhaus Bj. 1994	2,70	1,30	0,95
Fenster Bj. 2009	1,30	2,70	1,50
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	4,00	1,80	1,30

3.6 WÄRMEBRÜCKEN

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

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

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Die Liegenschaft der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besitzt zwei Heizzentralen (vgl. Energieberatungsbericht Berufsbildende Schulen am Museumsdorf). Der Anbau 2 bzw. Trakt 6 wird durch die große Heizzentrale versorgt. Warmwasser wird im Küchenbereich dezentral durch Durchlauferhitzer bereitgestellt.

<i>Kleine Heizzentrale</i>	<i>2x Viessmann Vitocrossal 300</i>
	<i>Energieträger Erdgas</i>
	<i>Baujahr 2009</i>
	<i>Je 460 kW Nennleistung</i>
<i>Übergabe</i>	<i>an Heizkörper</i>
	<i>Zweirohrheizung</i>
	<i>kein hydraulischer Abgleich</i>
	<i>Verteilungsleitungen gedämmt</i>
	<i>Pumpe geregelt</i>

3.7.2 Beleuchtung

Die Beleuchtung im Trakt 6 wurde teilweise erneuert. Die Umstellung auf LED-Beleuchtung erfolgte im ersten Obergeschoss sowie im vierten Obergeschoss. In den restlichen Räumlichkeiten und Geschossen befinden sich Leuchtstoffröhren mit konventionellen und elektronischen Vorschaltgeräten.

Mit Ermittlung der elektr. Leistung und der jährlichen Nutzungsdauer der bestehenden Beleuchtungsanlage wird der jährliche Energieeinsatz pro Gebäude- bzw. Beleuchtungszone bestimmt.

3.7.3 Lüftungstechnik

Eine Lüftung im Gebäude findet zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen. Aber auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen. Eine Lüftungsanlage zur kontrollierten Lüftung ist in diesem Gebäude nicht vorhanden.

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 18599.

Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599

Energiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	152,80
Warmwasser	3,04
Beleuchtungsstrom	8,24

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

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

Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

Energiebedarfskennwerte des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	82,79
Warmwasser	2,03
Beleuchtungsstrom	4,50

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der durchgeführten Berechnung mit einer angepassten Nutzung, um den tatsächlichen Energieverbrauch anzunähern.

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes mit angepasster Nutzung.

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

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 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	25.373	10,4
Außenwand	80.115	32,8
Fenster	93.424	38,3
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	45.081	18,5
Gesamt	243.994	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	178.104	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt	92.644	100,0



Abbildung 12 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

Transmissionswärmeverluste sowie Anlagenverluste können mithilfe einer energetischen Sanierung des Gebäudes deutlich reduziert werden. Lüftungsverluste werden bei einer energetischen Sanierung ebenfalls minimiert, dennoch werden diese immer noch in einem nicht uner-

heblichen 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.

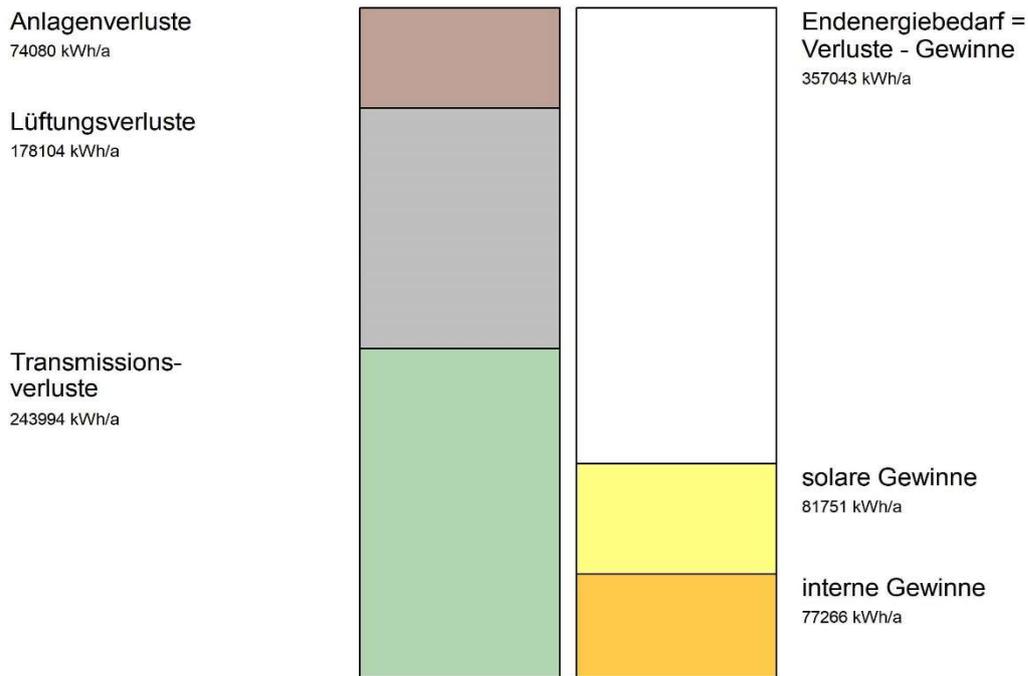


Abbildung 13 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 103 kWh/m²a.

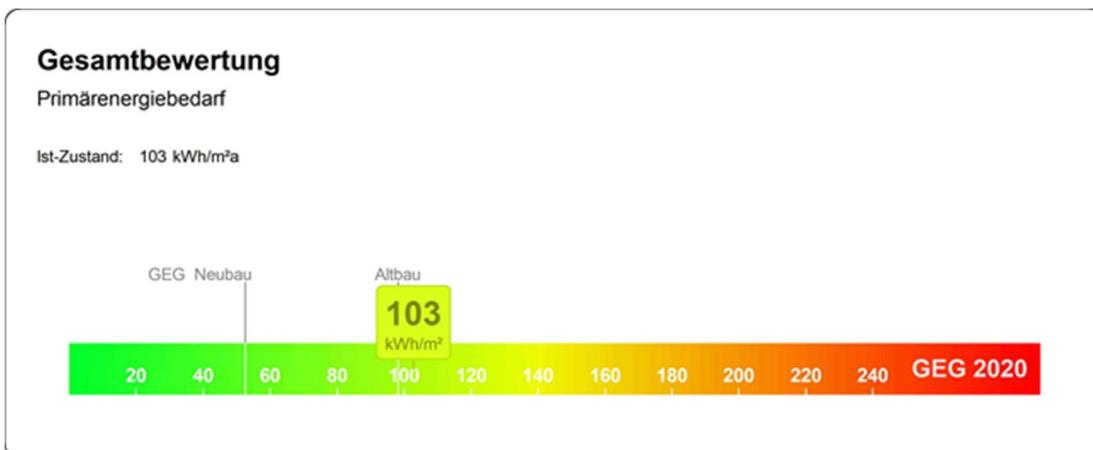


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand des Anbaus 2 der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf entspricht annähernd den Anforderungen an modernisierte Altbauten nach GEG. 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.

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

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	188,5	✓ 190,2	135,8	□ 54,3	□ 74,7	□ 95,1	□ 135,8	✓ 217,3
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,47	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	□ 0,26	□ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,5	✓ 2,7		□ 1,0	□ 1,2	□ 1,4	✓ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	4,0	✓ 4,3		□ 1,6	□ 2,0	□ 2,4	□ 3,0	

Abbildung 15 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Anbaus 2

Aus Abbildung 15 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand **keinen** Effizienzgebäude-Standard erfüllt.

3.8.3 Energiekosten

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

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

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 aus Erfahrungswerten angenommen.

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. Bei den Preisen handelt es sich um Brutto-Preise.

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 – Fenstertausch vor Bj. 2009+Türen

Var.2 – Dämmung Nord-, Ost-, Südfassade

Var.3 – LED-Beleuchtung

Var.4 – Kellerdeckendämmung/Kriechkeller

Var.5 – Regenerative Nahwärme

Var.6 – Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 6) kann kein Effizienzgebäude-Standard erreicht werden. Für Details siehe Kapitel 4.7 und 4.8.

4.2 SV 1: FENSTERTAUSCH VOR BJ. 2009+TÜREN

Die Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besitzen in den Räumen des Anbaus 2 Fenster aus den 2000er Jahren. Im Treppenhaus (Westfassade) sind ältere Fenster aus dem Jahr 1994 verbaut. Im dritten Obergeschoss sind Fenster aus 2009 vorhanden.

In dieser Sanierungsvariante werden die Fenster aus 1994 und aus den 2000er Jahren ausgetauscht. Der aktuelle U_w -Wert für Fenster nach dem GEG beträgt $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Fenster anzusetzen. Damit ein Effizienzgebäudestandard erreicht werden kann, werden in dieser Simulation die alten Fenster durch neue 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt. Die bestehenden Außentüren werden ebenfalls durch neue Türanlagen mit einem U_w -Wert von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt.

Hinweis: Um Schimmelbildung im Bereich der Fensterlaibung zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass der U-Wert der einzelnen Fenster nicht besser ist als das jeweilige Mauerwerk.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Holzfenster inkl. Einbau	551,51		
Einzelfenster gesamt	600	630,62	378.372
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
Außentüren	2.150	10,34	22.231
Gesamtausgaben			400.603

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

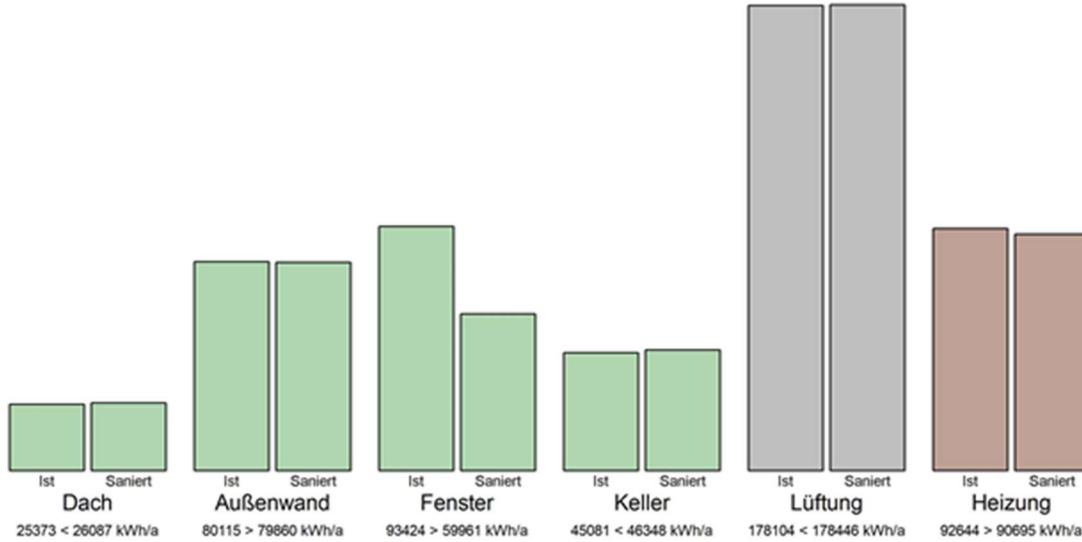
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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)
Förderkreditbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 60.090 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **6 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 357.043 kWh/Jahr reduziert sich auf 336.056 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 20.987 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5.017 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 **97 kWh/m²** pro Jahr.

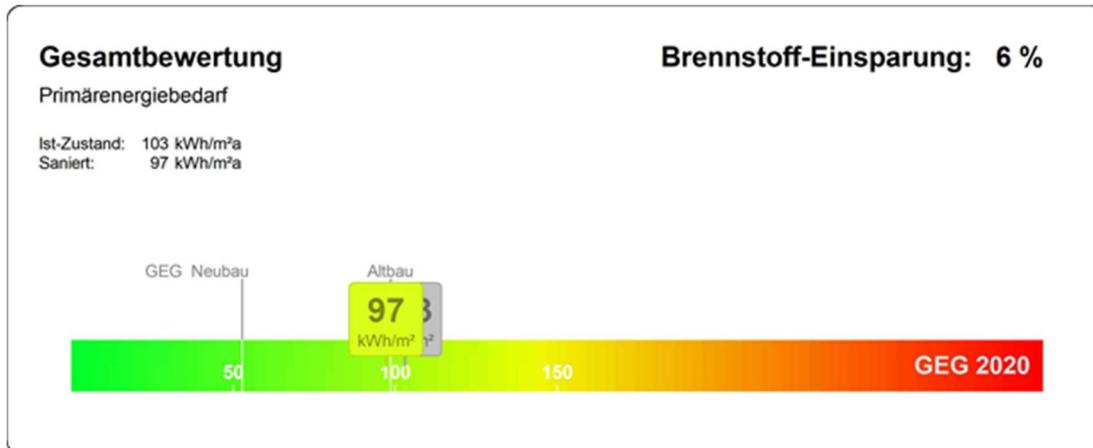


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	400.603 EUR
Mögliche Fördermittel	60.090 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

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	20.438	20.438
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	33.406	186.406
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	53.844	206.844
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	34.667	196.528
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>Keine Einsparung</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten sowohl unter Annahme der alten, günstigen Preise als auch unter Annahme der aktuell, realistischeren Preisen voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken.

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

4.3 SV 2: DÄMMUNG NORD-, OST-, SÜDFASSADE

In dieser Sanierungsvariante sollen die Nord-, Ost- und Südfassaden des Anbaus 2 saniert werden. Diese befinden sich im Zustand des Baualter und entsprechen daher nicht den aktuellen Anforderungen des GEG. Die Westfassade wurde 2011 mit ca. 20 cm Dämmstoff saniert.

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

In der Förderrichtlinie zur BEG EM wird ein U-Wert der nachträglich gedämmten Außenwände von $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wird für die Außenwände daher eine Dämmstärke von 14 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 angenommen. Insgesamt ergibt sich daraus ein U-Wert für die Außenwand von $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

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

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Rückbau Verblendmauerwerk	48,23		
Außenwand nach Energiestandards	157,27		
Außenwände gesamt	210	1.015,89	213.337
Gesamtausgaben			213.337

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

Folgende Leistungen sind in den angegebenen Kosten enthalten.

Maßnahme	Leistungen
Außenwanddämmung	Entfernung Verklinkerung, Reinigung der freigelegten Wandflächen für das Anbringen der Wärmedämmung, Anbringen (vollflächig) und Verdübeln der Dämmschicht, neue Verklinkerung

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

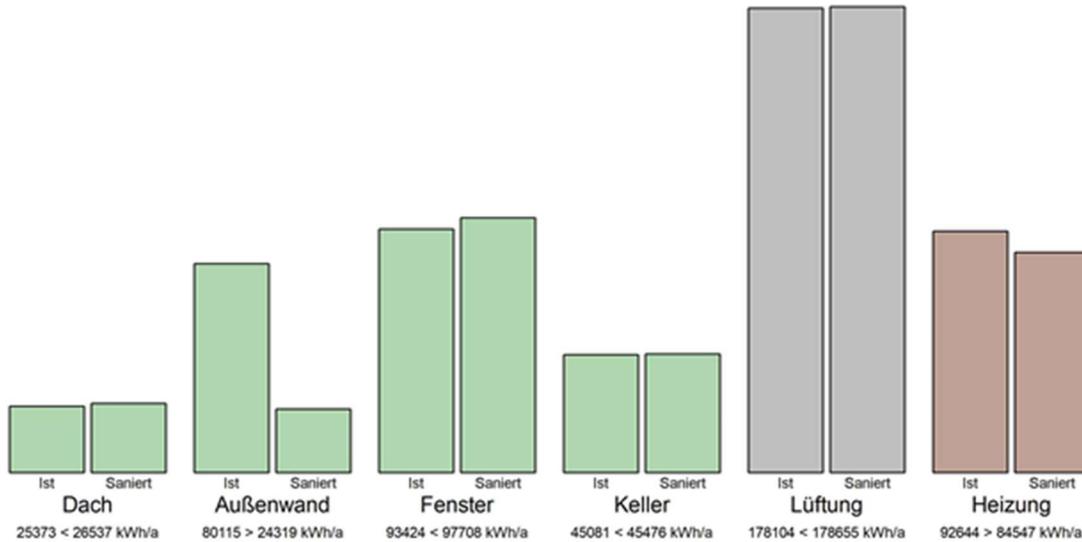
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 32.001 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **14 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 357.043 kWh/Jahr reduziert sich auf 306.922 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 50.121 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 12.400 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 **89 kWh/m²** pro Jahr.

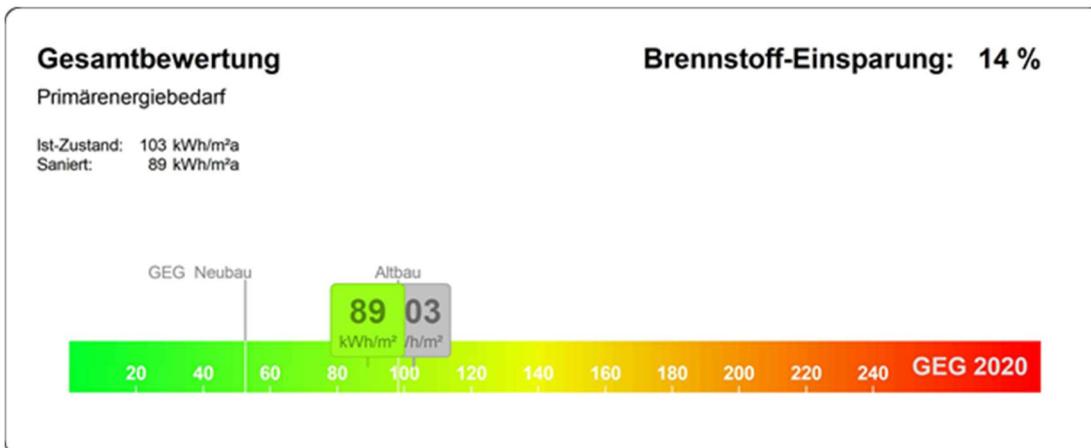


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	213.337 EUR
Mögliche Fördermittel	32.001 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 15 Einsparpotenzial, SV 2

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	10.884	10.884
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	31.155	170.746
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	42.039	181.630
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.667	196.528
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	14.898
Amortisationszeit	-	14 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. 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 14 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: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die in der Schule noch vorhandenen Leuchtstoffröhren durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt (vgl. Kapitel 3.3 und 3.7.2). Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO₂-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden.

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

<i>Zone</i>	<i>Preis [€/m²]</i>	<i>Fläche [m²]</i>	<i>Summe [€]</i>
<i>Lager</i>	45	172	7.740
<i>Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar</i>	80	141	11.280
<i>Sonstige Aufenthaltsräume</i>	80	140	11.200
<i>Verkehrsfläche</i>	45	1.249	56.205
<i>Küche</i>	90	131	11.790
<i>Klassenzimmer</i>	80	1.004	80.320
<i>WC und Sanitärräume</i>	90	208	18.720
<i>Gesamtausgaben</i>			197.255

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

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

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 29.588 € beantragt werden.

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

Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (4.2.3)

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

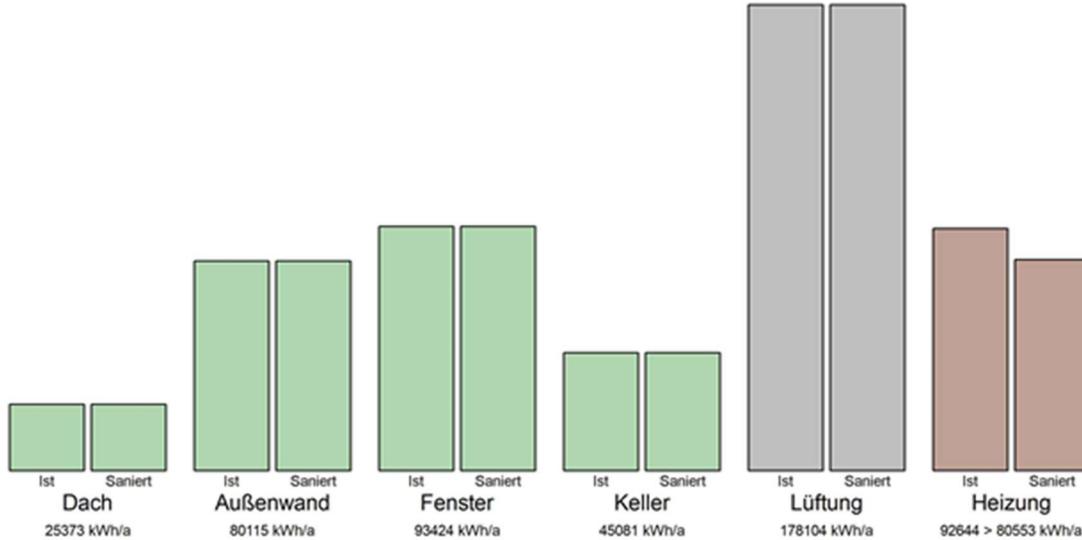
* Antragsberechtigte aus Braunkohlerevieren gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020, das heißt das Lausitzer Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Rheinische Revier, sind finanzschwachen Kommunen gleichgestellt.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 49.314 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Eine Kumulation der beiden Förderprogramme ist nicht möglich.

Energieeinsparung - Variante 3 -

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 357.043 kWh/Jahr reduziert sich auf 353.823 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.220 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.599 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **100 kWh/m²** pro Jahr.

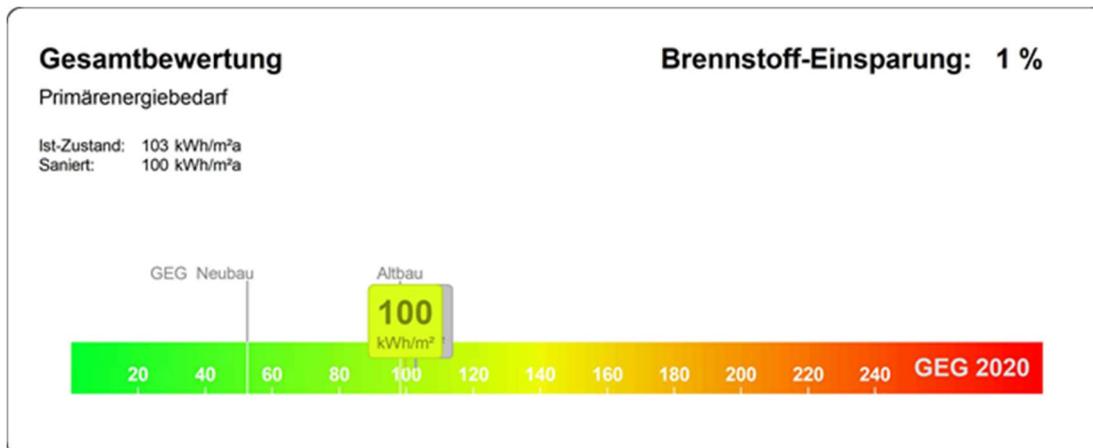


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	197.255 EUR
Mögliche Fördermittel BEG	29.588 EUR
ODER	
Mögliche Fördermittel Kommunalrichtlinie	49.314 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 17 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	13.259	13.259
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	24.970	160.558
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	38.229	173.817
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	28.956	164.152
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	Keine Einsparung
Amortisationszeit	-	-

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

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

4.5 SV 4: KELLERDECKENDÄMMUNG/KRIECKKELLER

Der Anbau 2 ist unterkellert. Im Kellergeschoss befinden sich teilweise unbeheizte Räume sowie ein Kriechkeller. Die Einsparungen mittels Dämmung dieser Kellerdecke werden in dieser Sanierungsvariante dargestellt.

Die Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) liegen bei einem U-Wert $\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um diesen U-Wert zu erreichen wäre die Anbringung eines Wärmedämmstoffs mit einer Stärke von ca. 8 cm mit der Wärmeleitgruppe 035 erforderlich. Eine BEG-Förderung setzt einen U-Wert von Böden gegen unbeheizte Räume von $\leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ voraus. In der Simulation werden die Anforderungen der Förderrichtlinie zur BEG EM angenommen. Um diesen U-Wert zu erreichen wäre eine nachträgliche Dämmung der Kellerdecke mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 in einer Stärke von ca. 12 cm erforderlich. Daraus ergibt sich ein U-Wert von $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Simulation.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet. Für die stärkere Dämmung wurde ein Aufpreis von 5 €/m^2 aufgerechnet, ausgehend aus aktuellen Angeboten für Dämmmaterialien.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Kellerdeckendämmung Klassentrakt	44	179,21	7.885
Kellerdecke gesamt			7.885
Enthaltene Leistungen	<i>Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, Vorbereitung des Untergrundes, Anbringung Dämmmaterial, Befestigungen, Anschlüsse, Lohnkosten</i>		

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

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

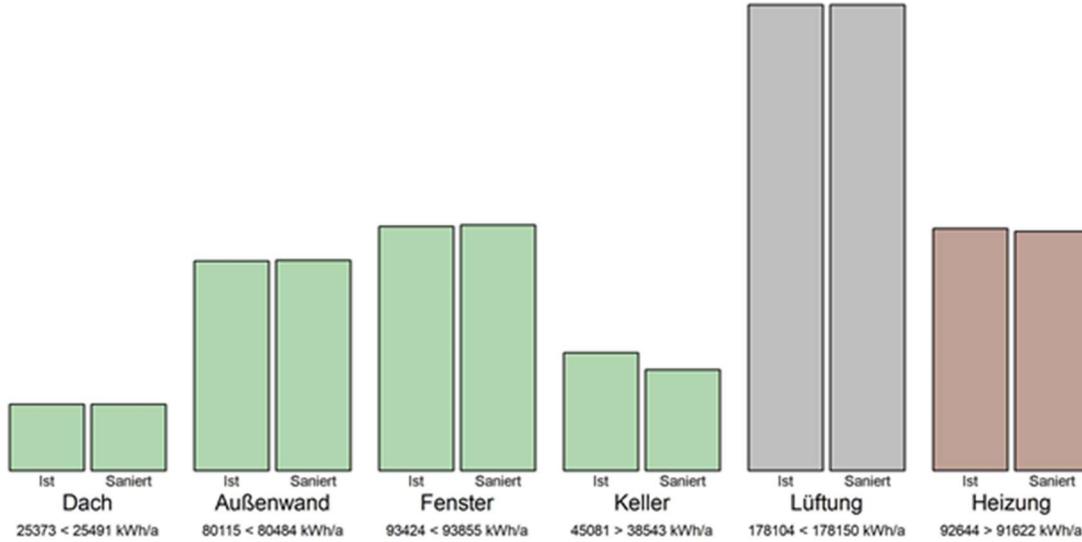
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 1.183 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

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 357.043 kWh/Jahr reduziert sich auf 350.993 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6.050 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.497 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 **101 kWh/m²** pro Jahr.

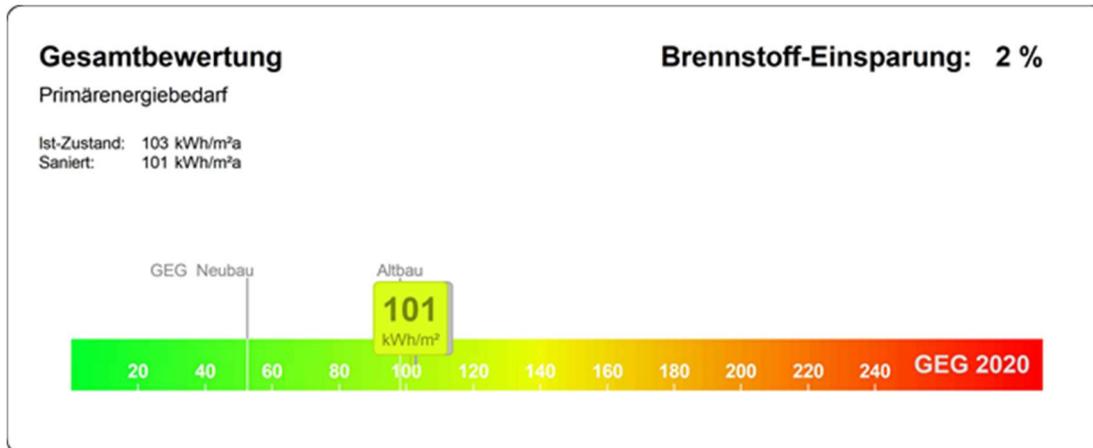


Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	7.885 EUR
Mögliche Fördermittel	1.183 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>
<i>Kapitalkosten</i>	402	402
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	34.243	194.193
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	34.645	194.595
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	34.667	196.528
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	1.933
<i>Amortisationszeit</i>	-	6 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. 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 6 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.

4.6 SV 5: REGENERATIVE NAHWÄRME

Die Umstellung der Wärmeversorgung erfolgt über eine Umstellung der Heizungstechnik im Hauptgebäude (Altbau) der Schule. Für die Annahme des Primärenergiefaktors und des CO₂ Ausstoßes werden die Werte aus der Sanierungsmaßnahme im Beratungsbericht des Hauptgebäudes verwendet.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes nicht.

Die CO₂-Emissionen werden um 32.047 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 57 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.

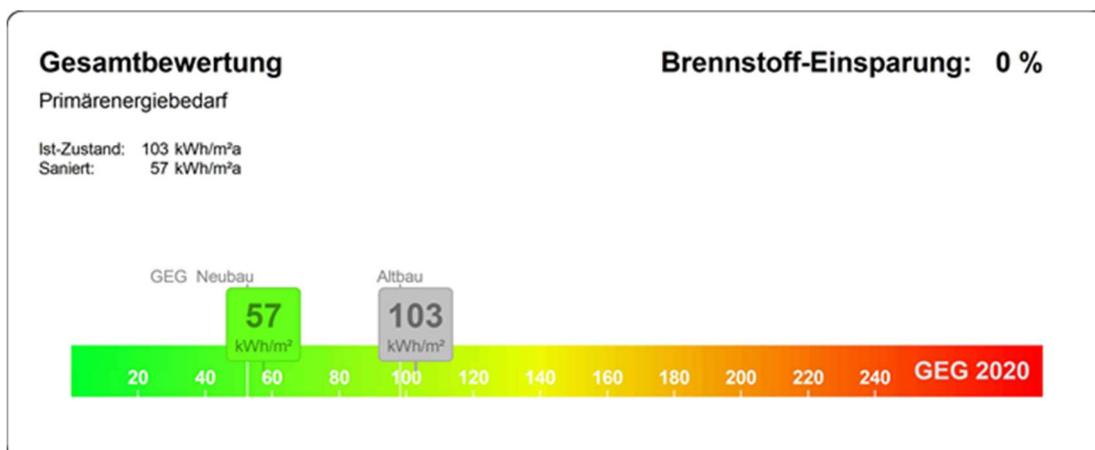


Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Eine Wirtschaftlichkeits-Betrachtung wird für diese Maßnahme nicht durchgeführt, da die Investitionen der Heizungsumstellung bei dem Hauptgebäude anfallen (vgl. Beratungsbericht Berufsbildende Schulen am Museumsdorf). Aufgrund der in Kapitel 3.8.4 angesprochenen Faktoren ist jedoch davon auszugehen, dass die Maßnahme auf lange Sicht zu niedrigeren Energiekosten führen wird.

4.7 SV 6: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 – Fenstertausch vor Bj. 2009+Türen

Var.2 – Dämmung Nord-, Ost-, Südfassade

Var.3 – LED-Beleuchtung

Var.4 – Kellerdeckendämmung/Kriechkeller

Var.5 – Regenerative Nahwärme

kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO₂-Emissionen eingespart werden. Durch die gemeinsame Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen könnte jedoch ein Effizienzgebäude-Standard nicht erreicht werden (vgl. Kap. 4.8).

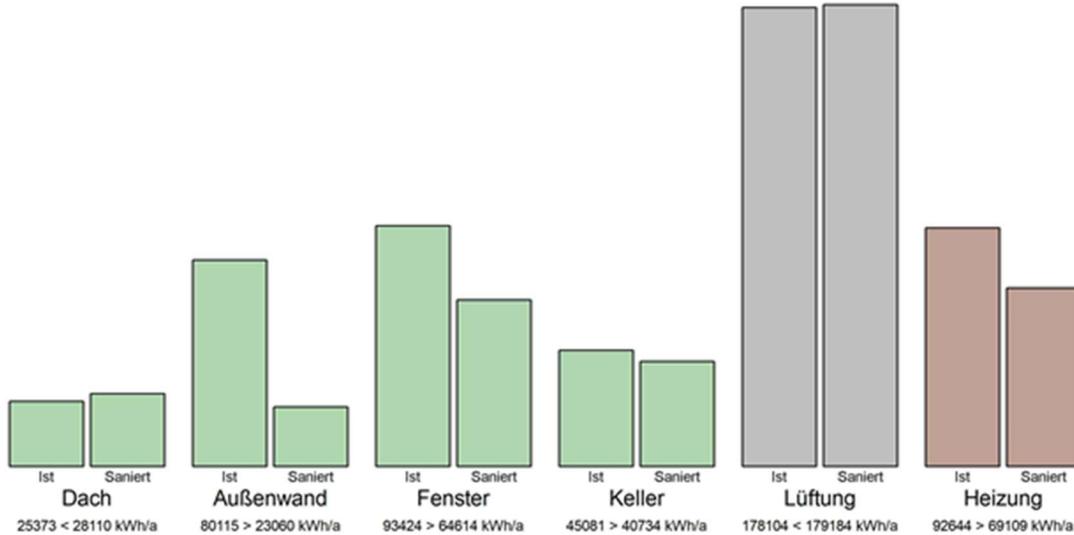
Würde die Stärke der Außenwanddämmung in der zweiten Sanierungsvariante 16 cm (U-Wert: 0,18 W/m²K) betragen, würde ein Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden. Somit würde der mittlere U-Wert für opake Bauteile sinken und ausreichend für die Anforderungen an ein Effizienzgebäude-Standard 70 sein (vgl. Kap. 4.8).

In dieser Maßnahmenkombination werden die vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen betrachtet (SV 1- SV 5). Da kein Effizienzgebäude-Standard mit den vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen erreicht wird, können die Fördermittel der Einzelmaßnahmen beantragt werden.

<i>Fördermöglichkeiten</i>				
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>
Var. 1 <i>Fenstertausch vor Bj. 2009+Türen</i>	BEG EM	400.603	15	bis zu 60.090
Var. 2 <i>Dämmung Nord-, Ost-, Südfassade</i>	BEG EM	213.337	15	bis zu 32.001
Var. 3 <i>LED-Beleuchtung</i>	BEG EM	197.255	15	bis zu 29.588
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 49.314
Var. 4 <i>Kellerdeckendämmung</i>	BEG EM	7.885	15	bis zu 1.183
Summe				bis zu 122.862
		819.080		ODER
				bis zu 142.588

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 23 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 357.043 kWh/Jahr reduziert sich auf 276.128 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 80.915 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 49.161 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 42 kWh/m² pro Jahr.

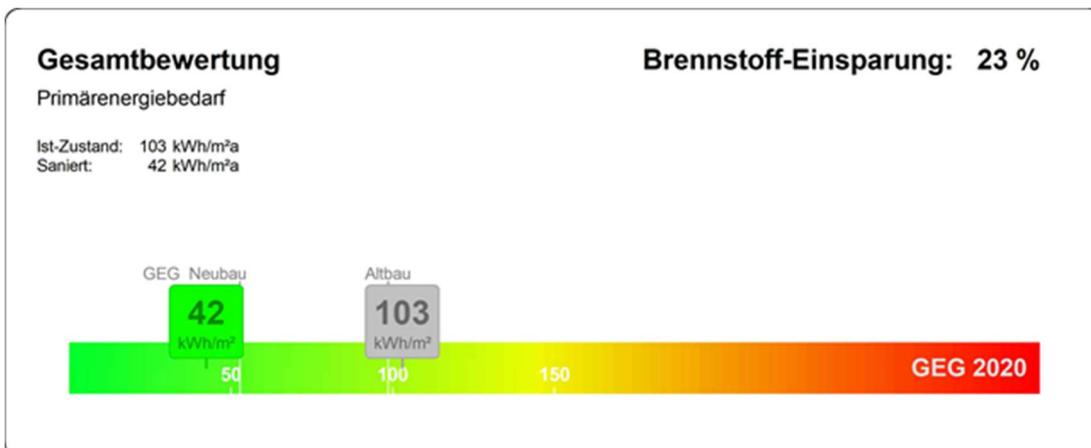


Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	819.080 EUR
Mögliche Fördermittel	bis zu 122.862 EUR ODER bis zu 142.588 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 6

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	48.146	48.146
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	24.551	150.967
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	72.697	199.113
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.667	196.528
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	Keine Einsparung
Amortisationszeit	-	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten sowohl unter Annahme der alten, günstigen Preise als auch unter Annahme der aktuell, realistischeren Preisen voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken.

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

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremse 2023

Wie Ende 2022 bekanntgegeben wurde, wird es in Deutschland ab dem Frühjahr 2023 eine Preisbremse für Strom und Gas geben. Dies führt zu neuen Preisen, die die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verändern. Die Kostenannahmen der Preisbremse sind in 22 dargestellt.

Tabelle 22 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 23 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 23 Einsparpotenzial, SV 6 mit Preisbremse

	mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	48.146
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	80.761
Summe	128.907
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	107.528
Einsparung	Keine Einsparung
Amortisationszeit	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der Preise der Preisbremse die Investitionskosten nicht innerhalb der Nutzungsdauer vollständig decken würden.

4.8 EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG

In dieser Variante werden die zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen kombiniert. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann kein Effizienzgebäude-Standard erreicht werden (vgl. Abbildung 22).

In Abbildung 23 ist zu sehen, dass der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht wird, wenn der mittlere U-Wert opaker Bauteile gesenkt wird. Dies könnte erreicht werden, wenn die Stärke des Dämmstoffes in der zweiten Sanierungsvariante auf 16 cm angesetzt werden würde. Daraus würde sich ein U-Wert von $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ergeben.

Für das Erreichen der EE-Klasse muss zum einen die Bereitstellung der Energie zu mehr als 65% durch erneuerbare Energien erfolgen. Seit 2023 muss zusätzlich eine Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungssystem für die Aufenthalts-Zonen vorhanden sein. Dies wäre technisch nur sehr schwierig umsetzbar und voraussichtlich nicht wirtschaftlich. Daher wird die EE-Klasse nicht erreicht.

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	83,4	☑ 190,5	136,1	☐ 54,4	☐ 74,8	☑ 95,2	☑ 136,1	☑ 217,7
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,27	☑ 0,56		☐ 0,18	☐ 0,22	☐ 0,26	☑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	0,96	☑ 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	

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

EE-Klasse

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

Abbildung 22 EG-Betrachtung Anbau 2 Berufsbildende Schulen am Museumsdorf

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	83,2	☑ 190,5	136,1	☐ 54,4	☐ 74,8	☑ 95,2	☑ 136,1	☑ 217,7
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,26	☑ 0,56		☐ 0,18	☐ 0,22	☑ 0,26	☑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	0,96	☑ 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	

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

EE-Klasse

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

Abbildung 23 EG-Betrachtung Anbau 2 Berufsbildende Schulen am Museumsdorf mit stärkerer Dämmstoffdicke

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung des Anbaus 2 der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf. 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 5 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 14 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch die Außenwandsanierung. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 13 % gesenkt werden. Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 23 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 51 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich.

Aufgrund der hohen Einsparungen wird mindestens die bauliche Maßnahme der Außenwandsanierung empfohlen. Da die Westfassade bereits saniert und gedämmt wurde, ist es sinnvoll im nächsten Schritt die restlichen Fassaden des Traktes 6 zu sanieren und zu dämmen. Werden Außenwände saniert, empfiehlt sich auch der zeitgleiche Tausch der Fenster. Der Umbau auf LED-Beleuchtung sollte weitergeführt werden. Eine Umstellung der Wärmeversorgung ist über eine Umstellung der Heizungstechnik im Hauptgebäude der Schule möglich. Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, sollte die große Heizungszentrale (vgl. Energieberatungsbericht für Berufsbildende Schulen am Museumsdorf) auf regenerative Energien umgestellt werden.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO₂-Emissionen selbst bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht gänzlich vermieden werden und liegen bei ca. 47 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strommix im Laufe der nächsten Jahre voraussichtlich deutlich verbessern und die anzusetzenden CO₂-Emissionen pro kWh Strom werden weiter sinken. Damit das Ziel der Treibhausgasneutralität tatsächlich erreicht wird, sind für die zunächst verbleibenden Emissionen Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen. Diese könnten z.B. der Bau- und Betrieb eigener regenerativer Energieerzeugungsanlagen wie Windenergieanlagen oder Freiflächen PV-Anlagen sein, 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.

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.

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 Rauminnen nach außen dringt.

Kompaktheit A/V

Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen ist eine Aussage zur Kompaktheit des Gebäudes.

Gebäudenutzfläche A_N

Die Gebäudenutzfläche beschreibt die im beheizten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche. Sie wird aus dem beheizten Gebäudevolumen unter Berücksichtigung einer üblichen Raumhöhe im Wohnungsbau abzüglich der von Innen- und Außenbauteilen beanspruchten Fläche aufgrund einer Vorgabe in der Energiesparverordnung (Faktor von 0,32) ermittelt. Sie ist in der Regel größer als die Wohnfläche, da z. B. auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser einbezogen werden.