



**BERATUNGSBERICHT**  
zur energetischen Betrachtung  
von Nichtwohngebäuden

## FÜR DEN ANBAU 1 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 .....	24
3.8.3 Energiekosten .....	28
3.8.4 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	28
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	29
4 Sanierungsvarianten.....	30
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	30
4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH .....	31
4.3 SV 2: AUßENWANDSANIERUNG .....	34
4.4 SV 3: LED-BELEUCHTUNG .....	38

4.5	SV 4: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE .....	42
4.6	SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION .....	46
4.7	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG.....	50
5	Fazit .....	51
6	Anhang.....	52
A.1	GLOSSAR .....	52

## 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 02.03.2023) .....	12
Abbildung 2 3D-Ansicht Berufsbildende Schulen am Museumsdorf Anbau 1 .....	15
Abbildung 3 Nutzungszonen .....	16
Abbildung 4 Grundriss EG, zониert .....	16
Abbildung 5 Grundriss 1. OG, zониert .....	16
Abbildung 6 Grundriss 2. OG, zониert .....	17
Abbildung 7 Grundriss 3. OG, zониert .....	17
Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung .....	19
Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte .....	20
Abbildung 10 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste .....	25
Abbildung 11 Energiebilanz des Gebäudes .....	26
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf .....	26
Abbildung 13 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Anbaus 1 .....	27
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 .....	32
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	36
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	40
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 .....	44
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	47
Abbildung 19 EG-Betrachtung Anbau 1 Berufsbildende Schulen am Museumsdorf .....	50
Abbildung 20 Berechnung des Energiebedarfs .....	53

## 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 5 .....	48
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5 .....	48
Tabelle 22 Kostenannahmen Preisbremse .....	49
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 5 mit Preisbremse.....	49

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für den Anbau 1 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. KG<sup>1</sup> durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

---

<sup>1</sup> <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

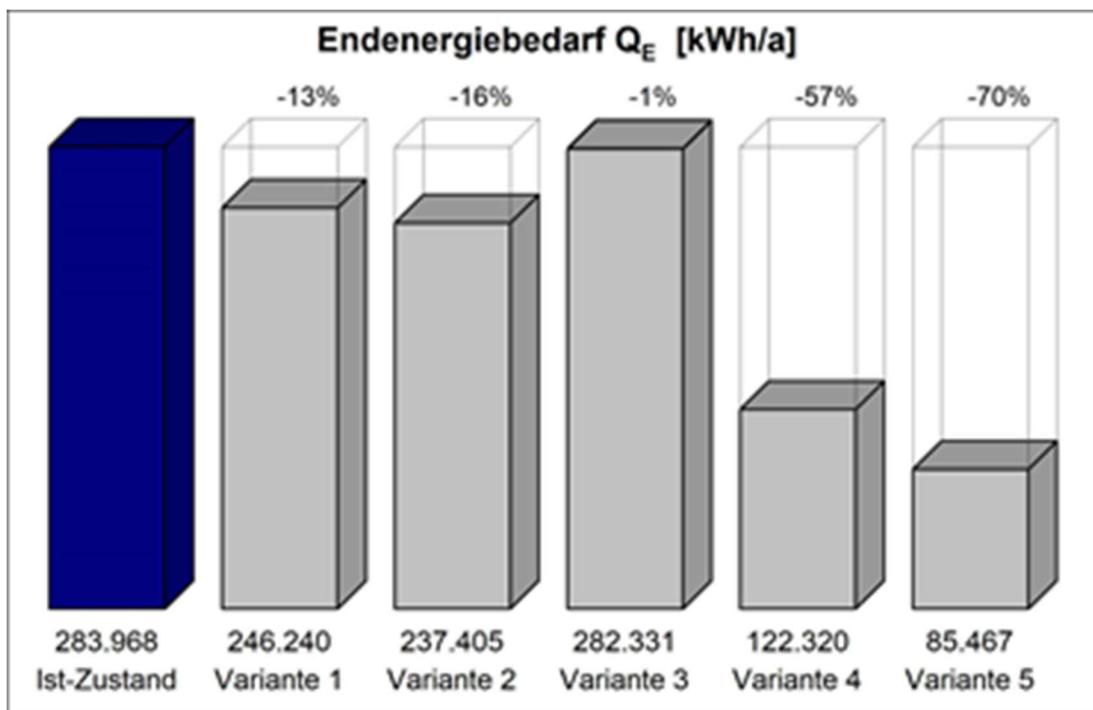
Var. 1 - Fenster- und Türentausch

Var. 2 - Außenwandsanierung

Var. 3 - LED-Beleuchtung

Var. 4 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var. 5 - 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 - Fenster- und Türentausch

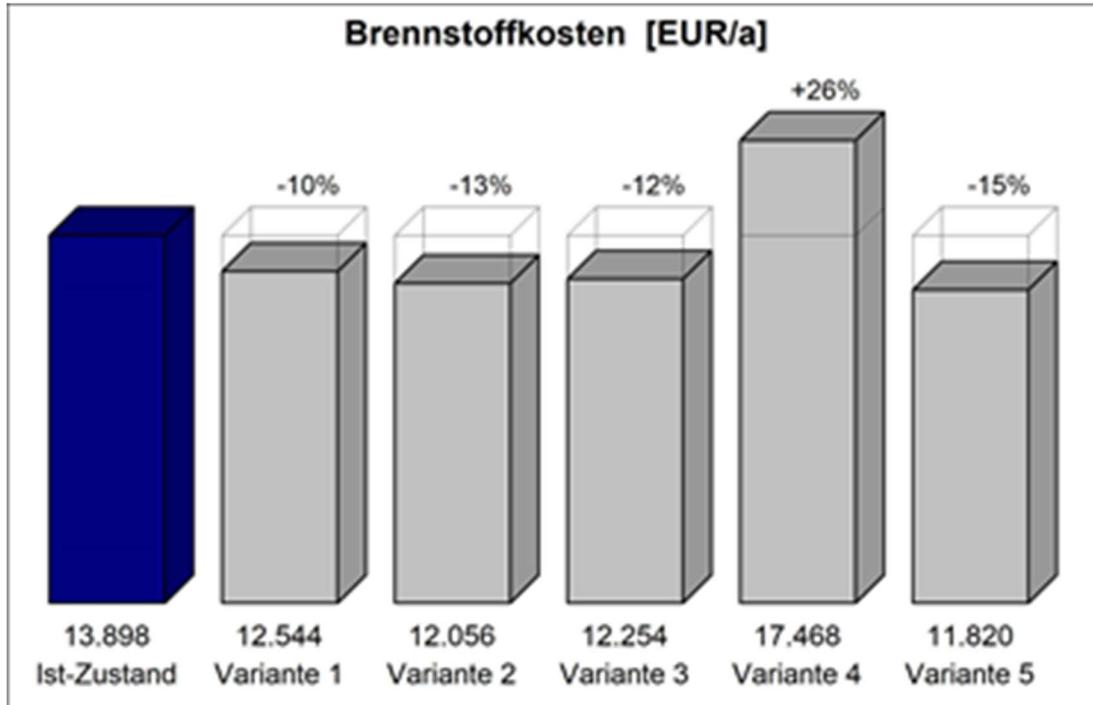
Var. 2 - Außenwandsanierung

Var. 3 - LED-Beleuchtung

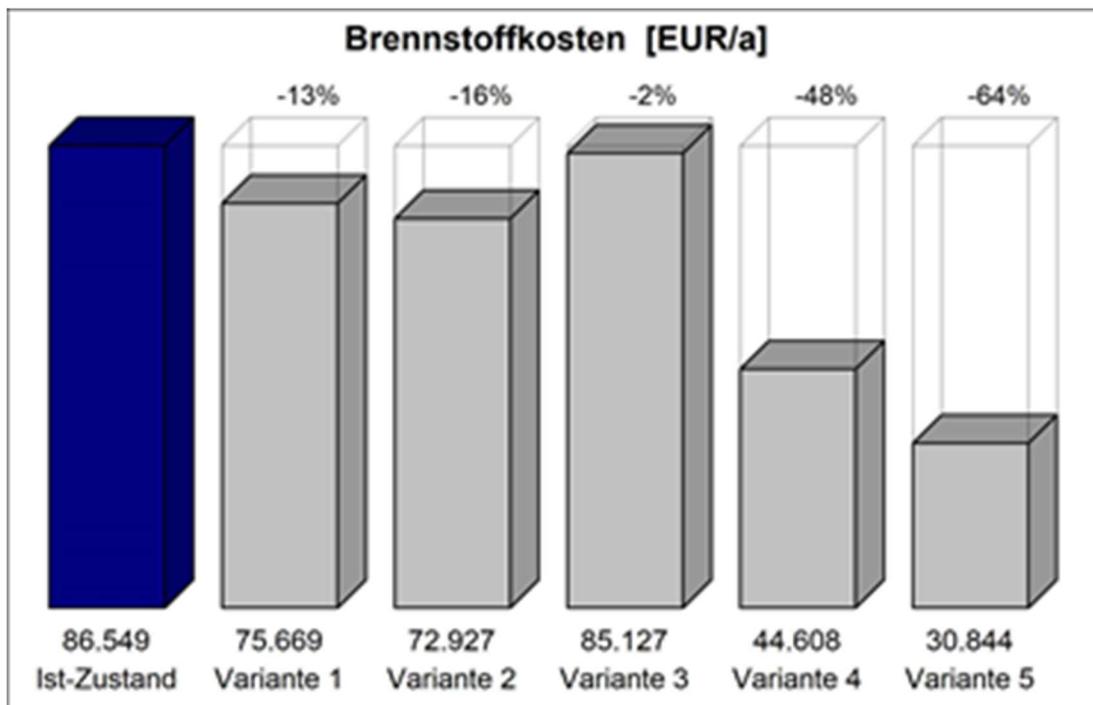
Var. 4 - Regenerative Nahwärme

Var. 5 - 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub belastet. In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

Ist-Zustand

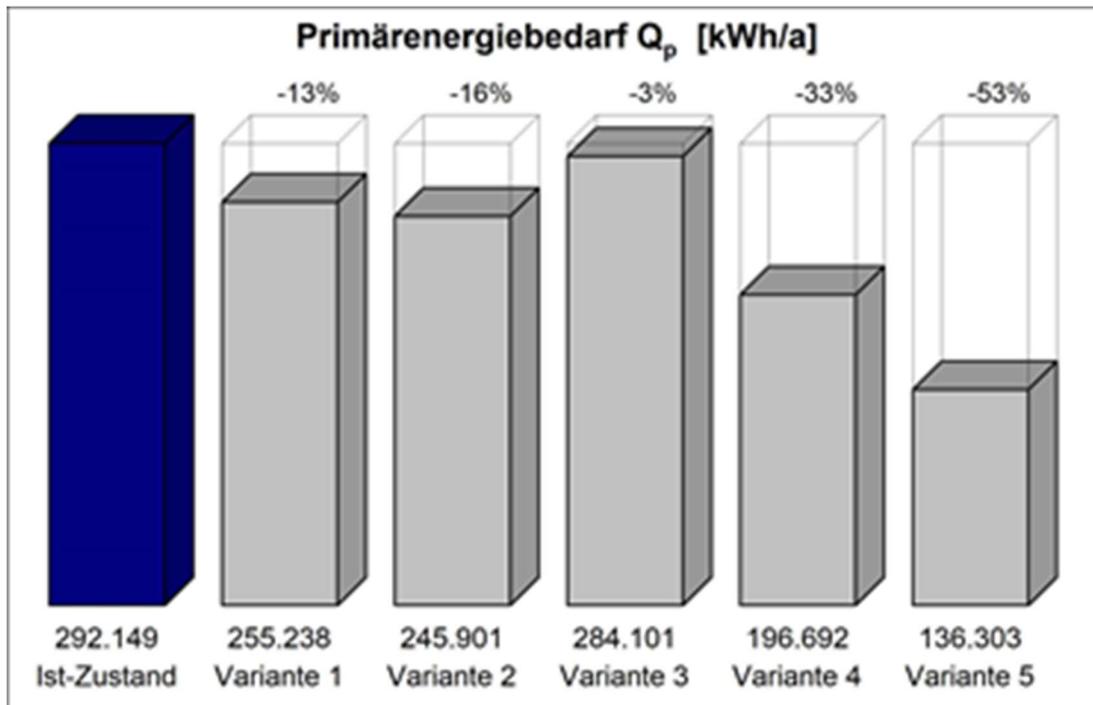
Var. 1 - Fenster- und Türentausch

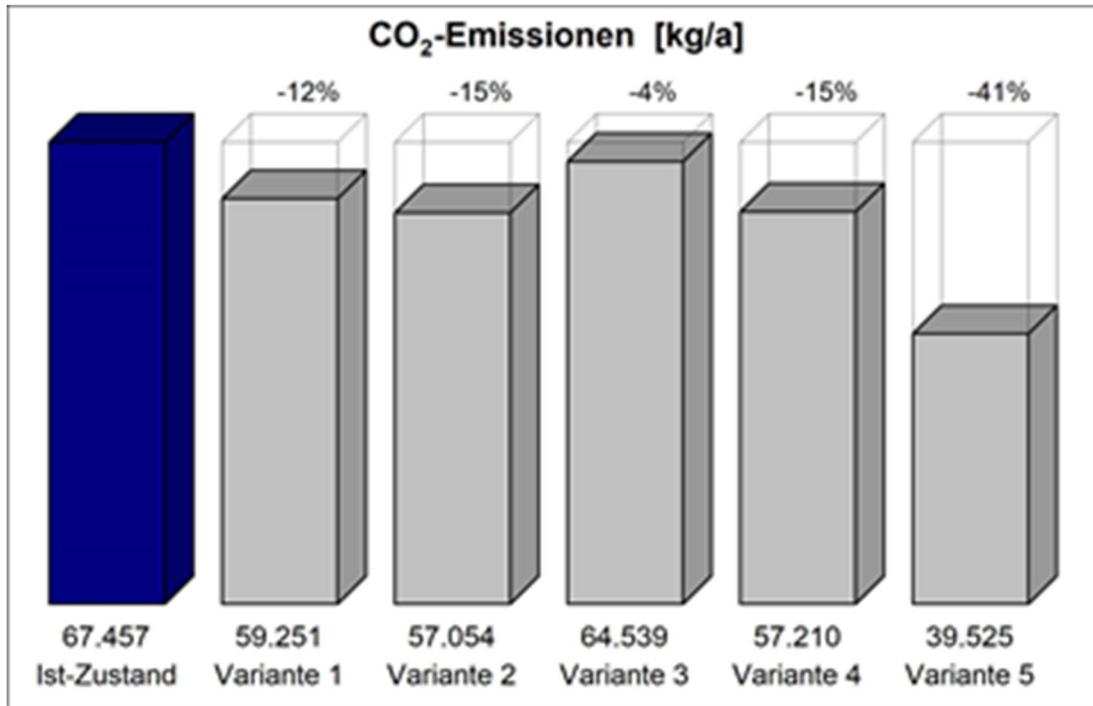
Var. 2 - Außenwandsanierung

Var. 3 - LED-Beleuchtung

Var. 4 - Regenerative Nahwärme

Var. 5 - Maßnahmenkombination





### 2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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

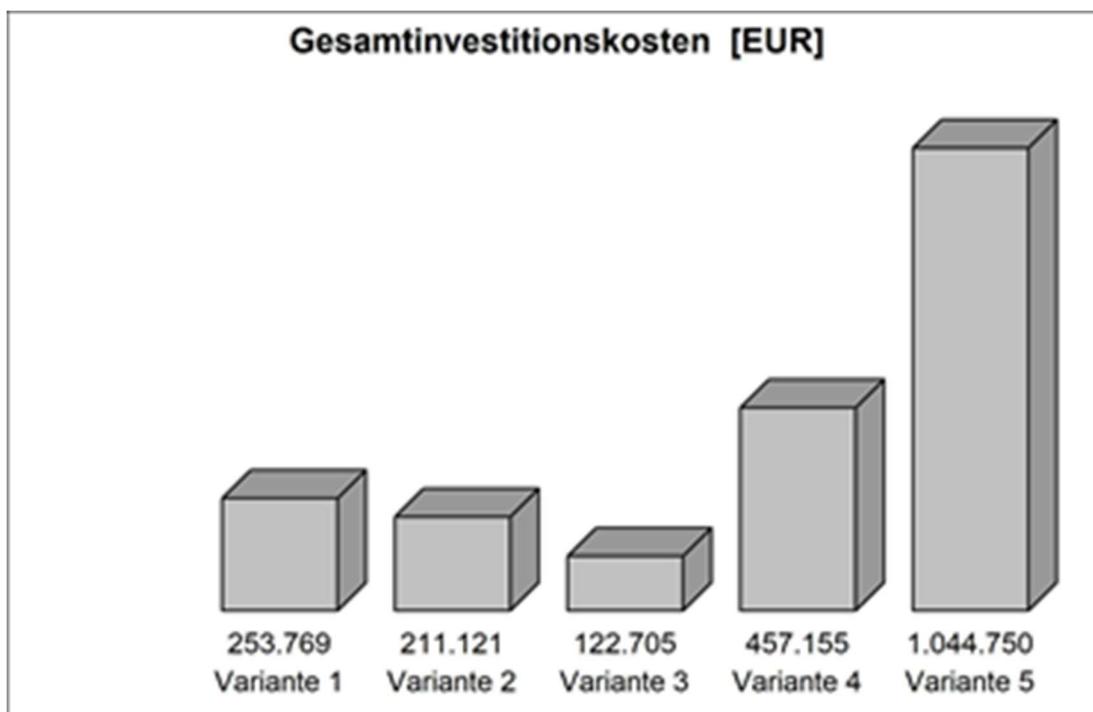
Var. 1 - Fenster- und Türentausch

Var. 2 - Außenwandsanierung

Var. 3 - LED-Beleuchtung

Var. 4 - Regenerative Nahwärme

Var. 5 - Maßnahmenkombination



### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

In diesem Energieberatungsbericht wird der Anbau 1 (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 1 (Trakt 3) wurde in den 1980er Jahren errichtet.

An dem Gebäude wurden bereits einige Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, unter anderem auch am Anbau 1. 2009 wurde die Heizzentrale des Anbaus 1 erneuert. 2011 fand die Sanierung der Pausenhallen im Trakt 2 und 3 statt. Zusätzlich wurde 2016 das Dach vom Trakt 3 saniert.

Die Wärmeversorgung der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besteht aus einer kleinen und großen Heizzentrale (vgl. Energieberatungsbericht Berufsbildende Schulen am Museumsdorf). Die kleine Heizzentrale, bestehend aus dem Gas-Brennwertkessel Vitocrossal 200 von Viessmann mit einer Nennleistung von 285 kW, versorgt den Anbau 1 mit Wärme.



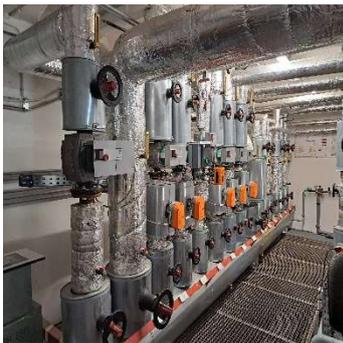
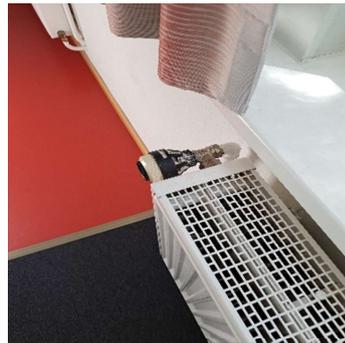
Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)  
NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbige. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 02.03.2023)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf Anbau 1</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>1980er</i>
<i>Beheiztes Gebäudevolumen V</i>	<i>11.353 m<sup>3</sup></i>
<i>Nettogrundfläche ANGF</i>	<i>3.038 m<sup>2</sup></i>
<i>Thermische Hüllfläche</i>	<i>3.403 m<sup>2</sup></i>
<i>Mittlere Geschosshöhe</i>	<i>ca. 5,44 m (Foyer) ca. 2,90 m (Klassenräume)</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 1

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

<b>Zone</b>	<b>Thermische Konditionierung</b>	<b>Beleuchtung</b>	<b>Größe in m<sup>2</sup></b>	<b>Anteilige Größe der Zone in %</b>
Lager	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	8	0,3%
Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED-Leuchten	2.182	71,8%
Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	beheizt	LED-Leuchten	59	1,9%
Verkehrsfläche	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED-Leuchten	712	23,4%
WC und Sanitärräume in NWG	beheizt	Leuchtstofflampen EVG	77	2,5%
<b>Summe</b>			<b>3.038</b>	<b>100%</b>





### 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

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

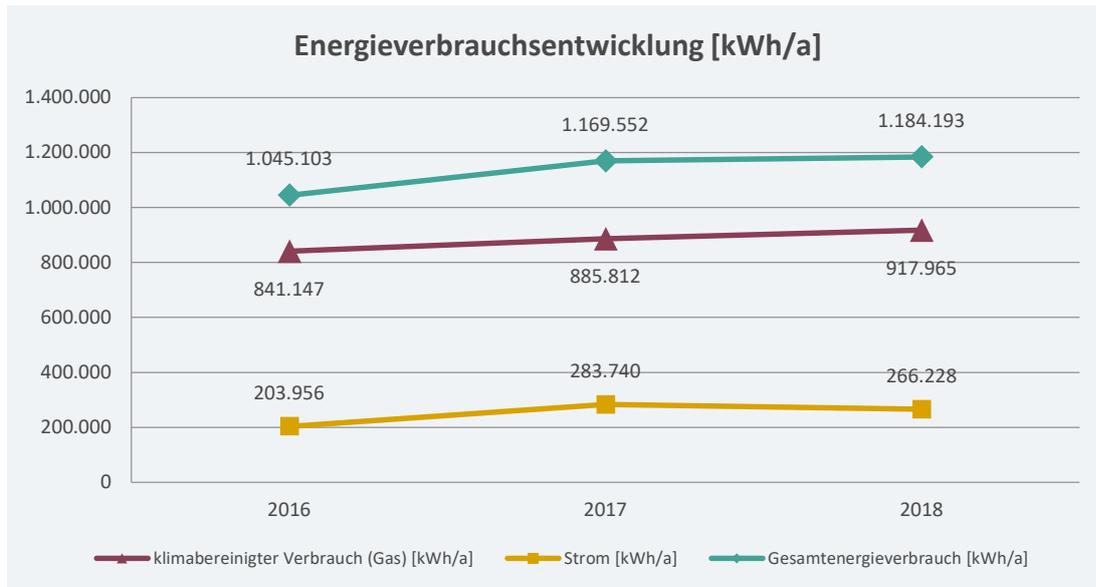


Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

### 3.4.2 Energieverbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Der Bezugswert ist die Nettogrundfläche aller Gebäude der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf mit insgesamt 15.386 m<sup>2</sup>. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>2</sup>

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Schulen ohne Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 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

<sup>2</sup> 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.

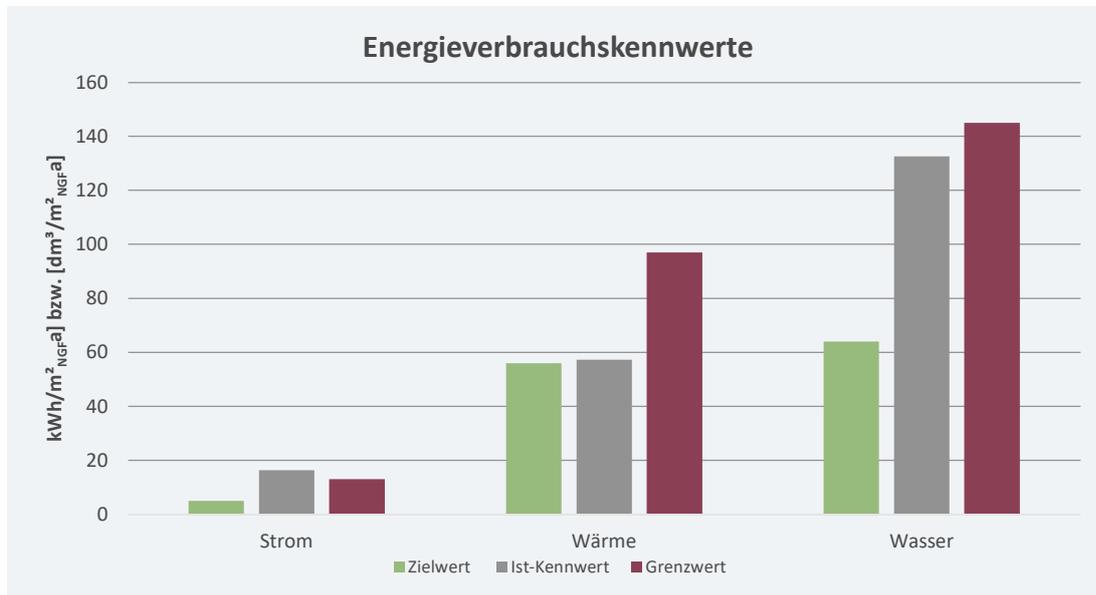


Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

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 8 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 Literaturangabe<sup>3</sup> 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 angegeben<sup>4</sup>. 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 <sup>2</sup> K)]		
		Ist-Zustand	GEG <sup>5</sup>	BEG-Förderung <sup>6</sup>
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>				
<b>Bodenplatte</b>		<b>0,80</b>	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>				
<b>Außenwand</b>		<b>0,80</b>	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>				
<b>Flachdach saniert</b>		<b>0,20</b>	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>				
<b>Fenster</b>	<b>Klassen- räume 1980er</b>	<b>2,70</b>	1,30	0,95
<b>Fenster</b>	<b>Foyer Bau- jahr 2009</b>	<b>1,50</b>	1,30	0,95

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

<sup>4</sup> 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)

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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.

<b>Lichtkuppeln</b>	<b>2,70</b>	<b>2,70</b>	<b>1,50</b>
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
<b>Außentüren Baujahr 2009</b>	<b>2,90</b>	<b>1,80</b>	<b>1,30</b>

### 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 1 bzw. Trakt 3 wird durch die kleine Heizzentrale versorgt. Warmwasser wird im Gebäude nicht bereitgestellt.

<i>Kleine Heizzentrale</i>	<i>Gas-Brennwertkessel Viessmann Vitocrossal 200</i>
	<i>Energieträger Erdgas</i>
	<i>Baujahr 2009</i>
	<i>285 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 3 wurde teilweise erneuert. Die Umstellung auf LED-Beleuchtung erfolgte in den Klassenräumen im Erdgeschoss und im ersten Obergeschoss. Ebenfalls wurde die Beleuchtung im Lernzentrum, in den Besprechungsräumen sowie im Lehrmittelraum auf LED-Leuchten umgestellt. In den restlichen Räumlichkeiten 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 CO<sub>2</sub> 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*

<b>Energiebedarfskennwerte<sup>7</sup> des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
<i>spez. Endenergiebedarf Heizung</i>	128,96
<i>Beleuchtungsstrom</i>	4,85

**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*

<b>Energiebedarfskennwerte des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
<i>spez. Endenergiebedarf Heizung</i>	89,35
<i>Beleuchtungsstrom</i>	4,12

**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.**

### 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?

<sup>7</sup> siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

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 [%]
<b>Transmissionsverluste</b>		
Dach	15.470	7,0
Außenwand	71.813	32,6
Fenster	103.983	47,2
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	28.833	13,1
Gesamt	<b>220.099</b>	<b>100,0</b>
<b>Lüftungsverluste</b>		
Gesamt	<b>119.613</b>	<b>100,0</b>
<b>Anlagenverluste</b>		
Gesamt	<b>72.552</b>	<b>100,0</b>



Abbildung 10 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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

Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz

werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftung berücksichtigt. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

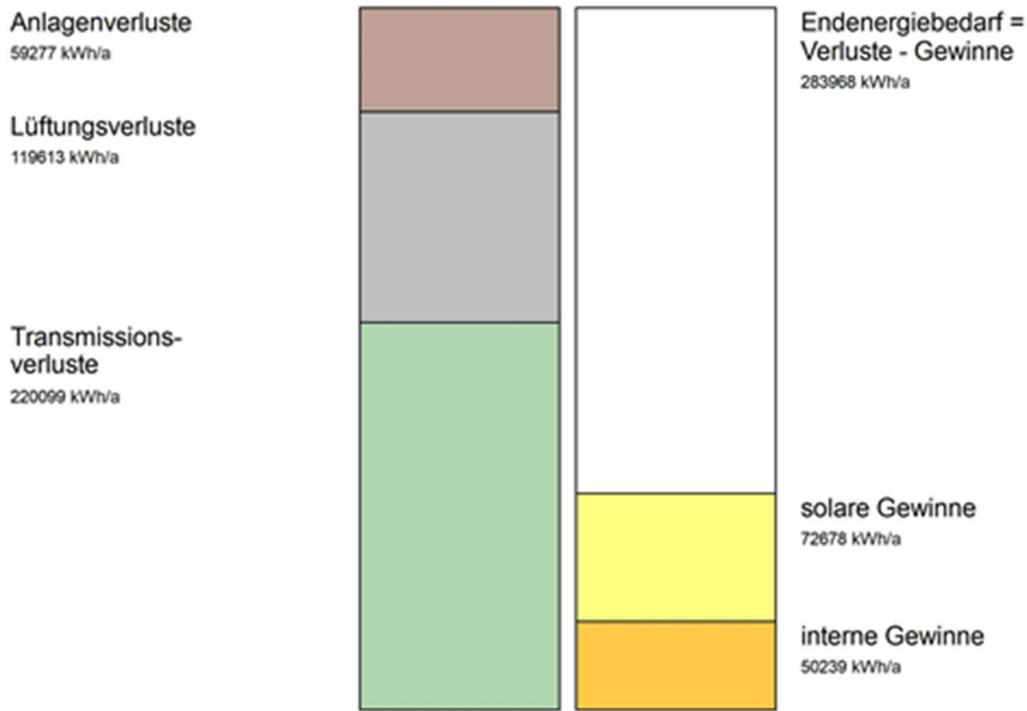


Abbildung 11 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro  $m^2$  Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser  $96 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

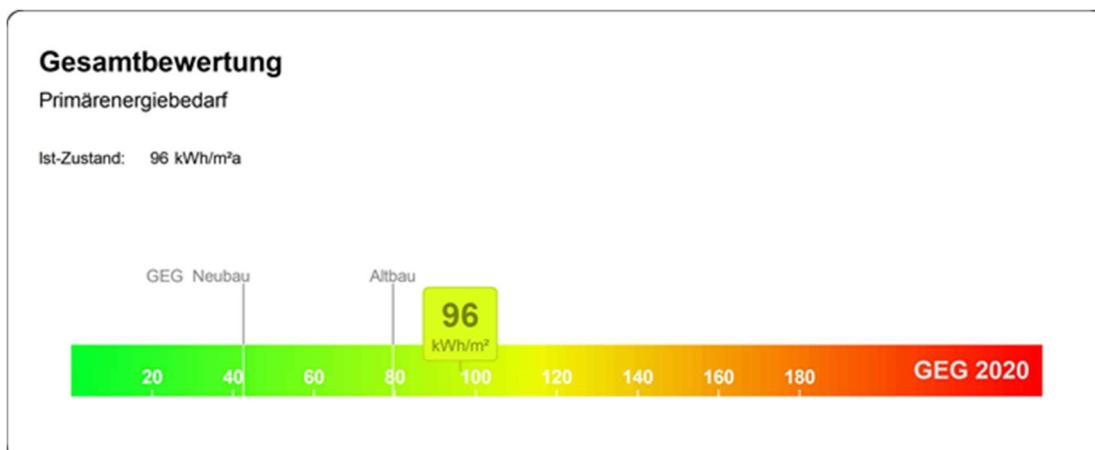


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand des Anbaus 1 der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf ist schlechter als die Anforderungen an modernisierte Altbauten nach GEG. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf  $Q_P$  ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ), den mittleren

U-Wert opaker Bauteile ( $W/m^2K$ ) und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile ( $W/m^2K$ ). 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 $Q_{p}$	$kWh/m^2a$	136,8	<input type="checkbox"/> 119,8	85,6	<input type="checkbox"/> 34,2	<input type="checkbox"/> 47,1	<input type="checkbox"/> 59,9	<input type="checkbox"/> 85,6	<input checked="" type="checkbox"/> 137,0
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	$W/m^2K$	0,47	<input checked="" type="checkbox"/> 0,56		<input type="checkbox"/> 0,18	<input type="checkbox"/> 0,22	<input type="checkbox"/> 0,26	<input type="checkbox"/> 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	$W/m^2K$	2,3	<input checked="" type="checkbox"/> 2,7		<input type="checkbox"/> 1,0	<input type="checkbox"/> 1,2	<input type="checkbox"/> 1,4	<input type="checkbox"/> 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	$W/m^2K$	2,9	<input checked="" type="checkbox"/> 4,3		<input type="checkbox"/> 1,6	<input type="checkbox"/> 2,0	<input type="checkbox"/> 2,4	<input checked="" type="checkbox"/> 3,0	

Abbildung 13 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Anbaus 1

Aus Abbildung 13 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 <sub>2</sub> [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 <sub>2</sub> [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 CO<sub>2</sub>-Steuer

Die CO<sub>2</sub>-Steuer soll den Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen hin zu erneuerbaren Technologien fördern. Die sogenannte CO<sub>2</sub>-Steuer verteuert Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas dabei so, dass sich die Kosten in Zukunft stärker am tatsächlichen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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- und Türentausch

Var. 2 – Außenwandsanierung

Var. 3 – LED-Beleuchtung

Var. 4 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var. 5 – Maßnahmenkombination

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 5) kann der Effizienzgebäude-Standard 100 erreicht werden. Für Details siehe Kapitel 4.7.

## 4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Die Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besitzen in den Räumen (Klassenzimmer, Besprechungsräume, WC-Räume, Lager) des Anbaus 1 Fenster aus den 1980er Jahren. Das Foyer des zweiten und dritten Traktes, welches in diesem Beratungsbericht mitbetrachtet wurde, wurde 2009 saniert. Dabei wurde die Verglasung der Pfosten-Riegel-Fassade ausgetauscht.

In dieser Sanierungsvariante werden die Fenster aus den 1980er 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 <sup>2</sup> ]	Fläche	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Holzfenster inkl. Einbau	551,51		
<b>Einzelfenster gesamt</b>	600	339,42	203.652
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
<b>Außentüren</b>	2.150	23,31	50.117
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>253.769</b>

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

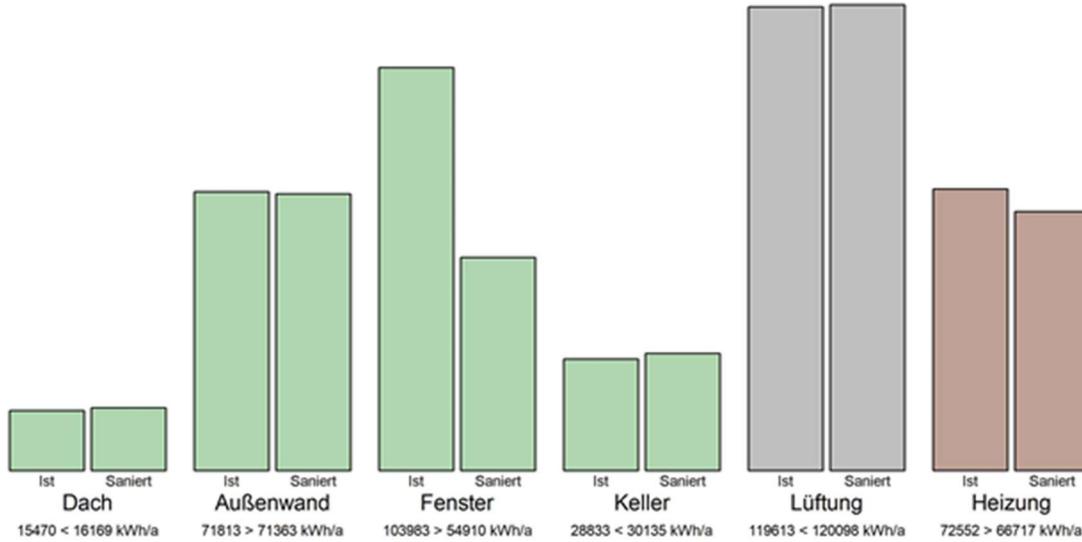
### BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 38.065 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 1 -**

Nach Umsetzung aller 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 283.968 kWh/Jahr reduziert sich auf 246.240 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 37.728 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 8.206 kg CO<sub>2</sub>/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 **84 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

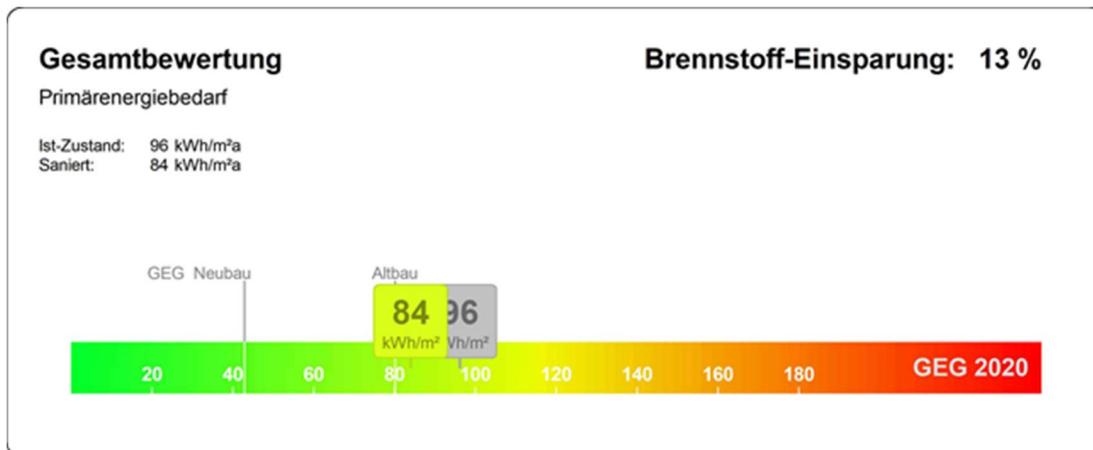


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	253.769 EUR
Mögliche Fördermittel	38.065 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>	12.947	12.947
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	22.380	134.999
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	35.327	147.946
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	24.796	154.410
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b><i>Keine Einsparung</i></b>	<b><i>6.464</i></b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>21 Jahre</i></b>

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 21 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 CO<sub>2</sub> und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

### 4.3 SV 2: AUßENWANDSANIERUNG

In dieser Sanierungsvariante sollen die Fassaden des Anbaus saniert werden. Diese befinden sich im Zustand des Baualter und entsprechen daher nicht den aktuellen Anforderungen des GEG.

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 10 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  $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

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

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Summe [€]
Rückbau Verblendmauerwerk	48,23		
Außenwand nach Energiestandards	157,27		
<b>Außenwände gesamt</b>	210	1.005,34	211.121
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>211.121</b>

**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.

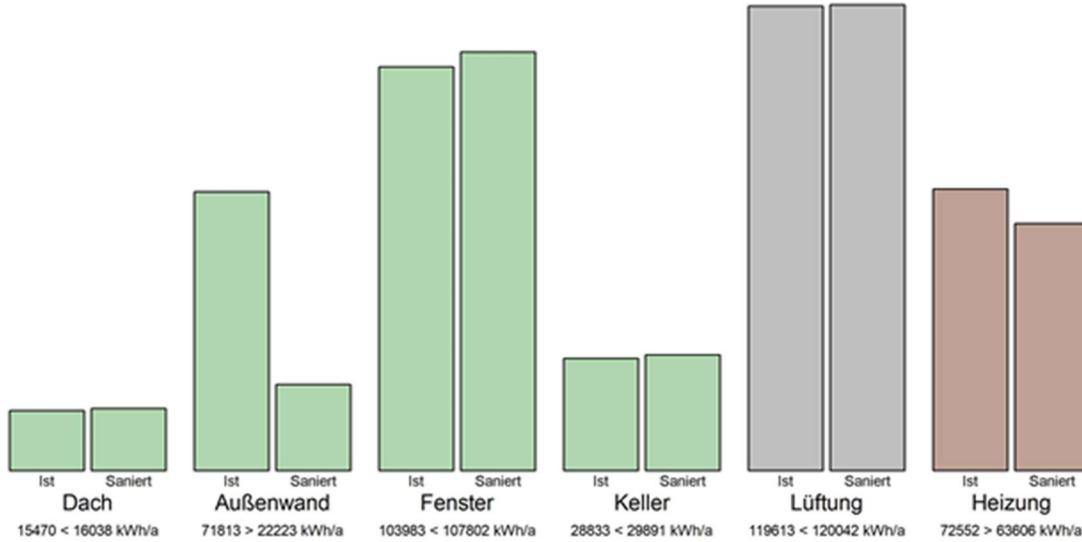
**BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 31.668 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 2 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **16 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 283.968 kWh/Jahr reduziert sich auf 237.405 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 46.562 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 10.403 kg CO<sub>2</sub>/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 **81 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

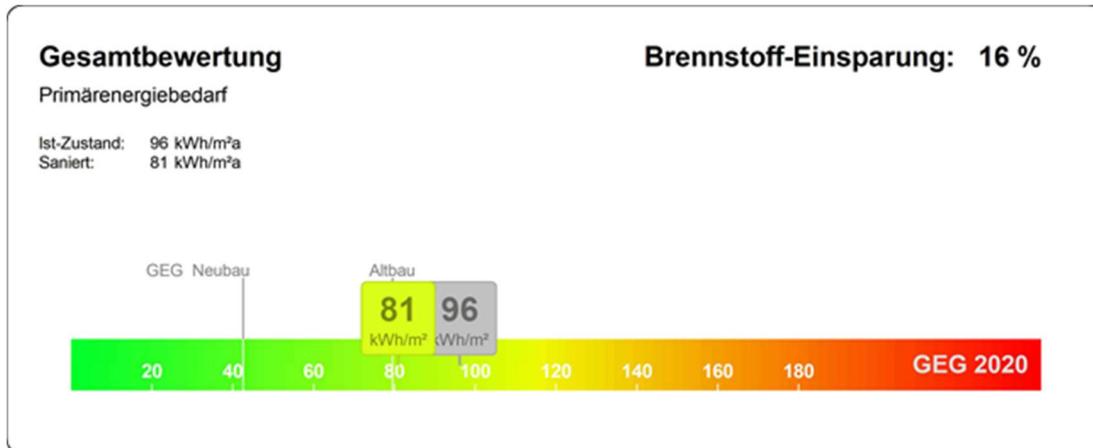


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	211.121 EUR
Mögliche Fördermittel	31.668 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	10.771	10.771
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	21.510	130.107
<b>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</b>	<b>32.281</b>	<b>140.878</b>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	24.796	154.410
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>13.532</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>15 Jahre</b>

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 15 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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 [€/m<sup>2</sup>]</i>	<i>Fläche [m<sup>2</sup>]</i>	<i>Summe [€]</i>
<i>Lager</i>	45	7	315
<i>Klassenzimmer</i>	80	1.063	85.040
<i>Verkehrsfläche</i>	45	676	30.420
<i>WC und Sanitärräume</i>	90	77	6.930
<b><i>Gesamtausgaben</i></b>			<b>122.705</b>

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

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

**BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)**

<b>Info</b>	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
<b>Förderquote</b>	15 %
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderbeitrag</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m <sup>2</sup> NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 18.406 € 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)**

<b>Info</b>	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.
<b>Förderanteil</b>	25 % für Antragsberechtigte 40 % für Finanzschwache Kommunen* Mindestzuwendung 5.000 €
<b>Fristen</b>	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2024 bzw. 31.12.2027.

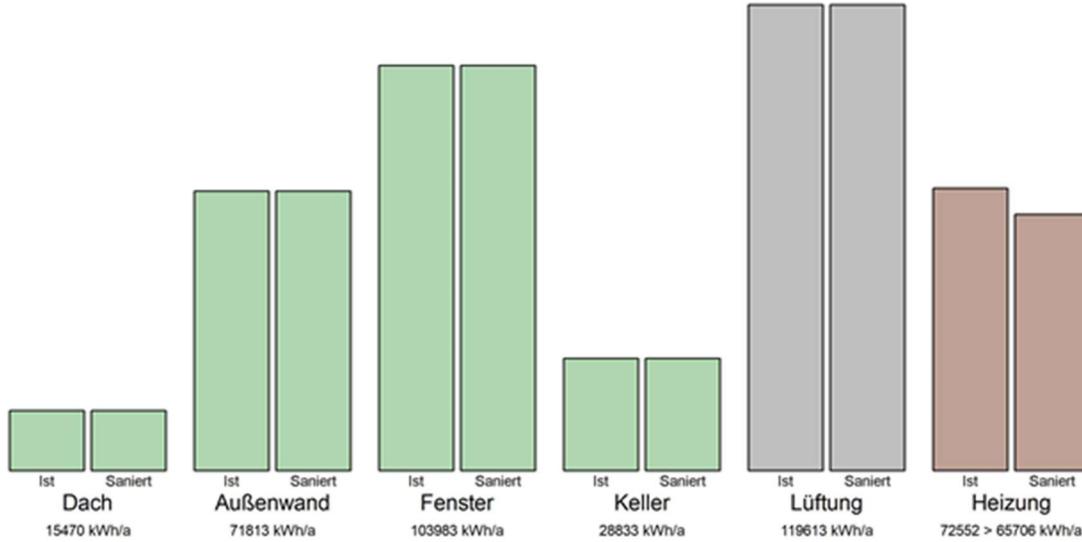
\* Antragsberechtigte aus Braunkohlerevieren gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020, das heißt das Lausitzer Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Rheinische Revier, sind finanzschwachen Kommunen gleichgestellt.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 30.676 € (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 283.968 kWh/Jahr reduziert sich auf 282.331 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.637 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2.918 kg CO<sub>2</sub>/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 **94 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

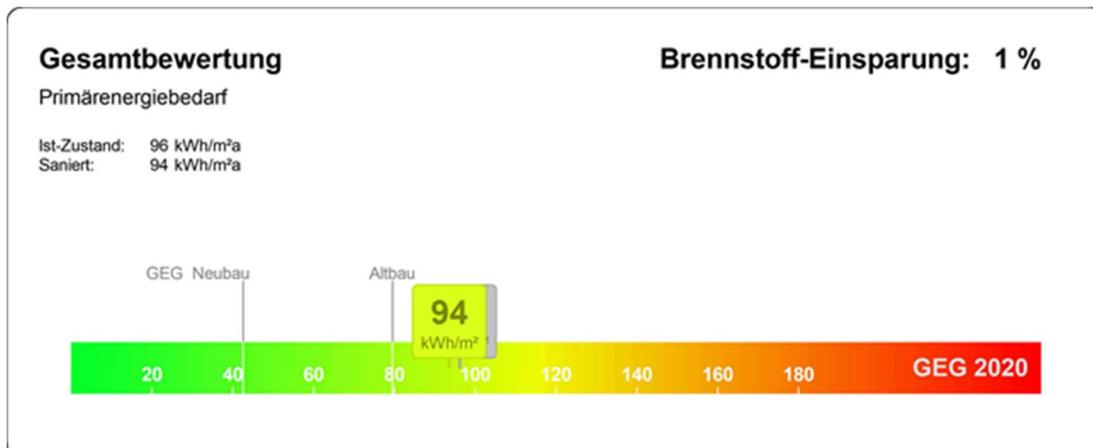


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3*

Gesamtinvestitionen	122.705 EUR
Mögliche Fördermittel BEG	18.406 EUR
<b>ODER</b>	
Mögliche Fördermittel Kommunalrichtlinie	30.676 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>
<i>Kapitalkosten</i>	8.248	8.248
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	18.260	126.853
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	26.508	135.101
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	20.711	128.972
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>Keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	-	-

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 CO<sub>2</sub> und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

#### 4.5 SV 4: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE

Die aktuelle Heizungstechnik der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besteht bislang aus einer kleinen und einer großen Heizzentrale. In dieser Sanierungsvariante wird die kleine Heizzentrale erneuert, die den Anbau 1 (Trakt 3) mit Wärme versorgt. Ergänzend zum aktuellen Gas-Brennwertkessel wird eine Sole-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt. Hierfür müssen mehrere Tiefen-Erdsonden abgeteuft und ein Heizungs-Pufferspeicher installiert werden. Für die kleine Heizzentrale wird eine Wärmepumpe mit einer Gesamtleistung von ca. 140 kW vorgesehen. Hierdurch können bis zu 88 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden.

Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe nutzt die Energie aus dem Erdreich, um das Gebäude CO<sub>2</sub> sparend zu beheizen. Sie entzieht dem Erdreich thermische Energie und überträgt diese als Nutzwärme in das Gebäude.

Aufgrund des mangelnden Platzes für einen Flächenkollektor 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: Das vorliegende Grundstück der Schule liegt nicht in einem Wasserschutzgebiet. Weiterhin sollten die einzelnen Sonden mindestens 6m Abstand zueinander haben, da sie sich ansonsten gegenseitig thermisch beeinflussen können.

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

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet. Nicht enthalten sind etwaige Kosten für die Schaffung einer Unterbringung in einen extra 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. Da ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden muss, werden die Kosten für neue Regelventile und intelligente Einzelraumregelungen miteinbezogen. Die Kosten für den hydraulischen Abgleich sind in den Kosten für die Wärmepumpe enthalten.

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	Einheit	Summe [€]
Sole-Wasser-Wärmepumpe	(8.850 + 520*kW)*1,25	140 kW	102.063
Tiefensonden	(630 + 75 * Länge)*1,25	28 x 100 m	284.550
<b>Sole-Wärmepumpe gesamt</b>			<b>386.613</b>
Erneuerung Regelventile	(3,5*Fläche + 230)*1,25	3.038 m <sup>2</sup>	13.579
Einbau smarte Einzelraumregelung	(15*Fläche)*1,25		56.963
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>457.155</b>

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.

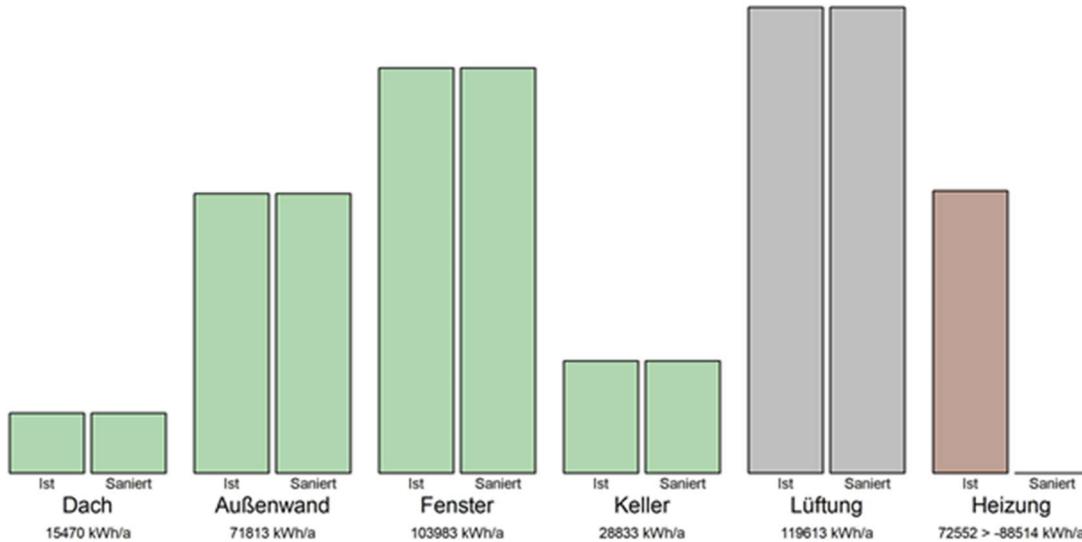
#### **BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)**

<b>Info</b>	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.
<b>Förderquote</b>	Bis zu 30 %
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderkreditbeitrag</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m <sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss über 30% von 137.147 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 4 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 57 %. 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 283.968 kWh/Jahr reduziert sich auf 122.320 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 161.648 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 10.247 kg CO<sub>2</sub>/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 **65 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

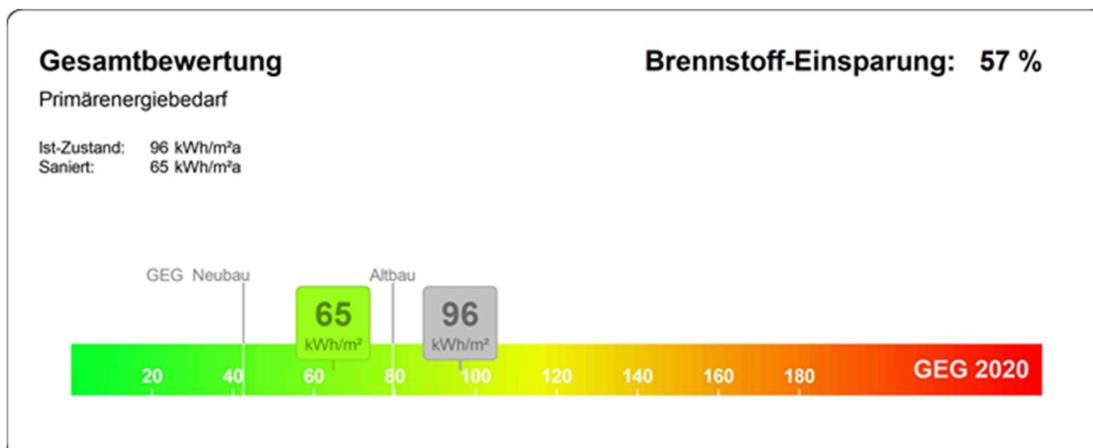


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4*

Gesamtinvestitionen	457.155 EUR
Mögliche Fördermittel	137.147 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>457.155 EUR</b>

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.

Für die Wärmepumpe wurde eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen. Für die Erdsonden wurde eine höhere Nutzungsdauer von 40 Jahren<sup>8</sup> angenommen. Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauern 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>	28.004	28.004
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	37.080	94.689
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	65.084	122.693
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	29.502	183.718
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b><i>Keine Einsparung</i></b>	<b>61.025</b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b>-</b>	<b>11 Jahre</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der älteren, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauern vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 11 Jahren.

<sup>8</sup> <https://www.net4energy.com/de-de/heizen/waermepumpe-tiefenbohrung#wie-lange-liefert>

#### 4.6 SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Fenstertausch- und Türentausch

Var. 2 – Außenwandsanierung

Var. 3 – LED-Beleuchtung

Var. 4 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

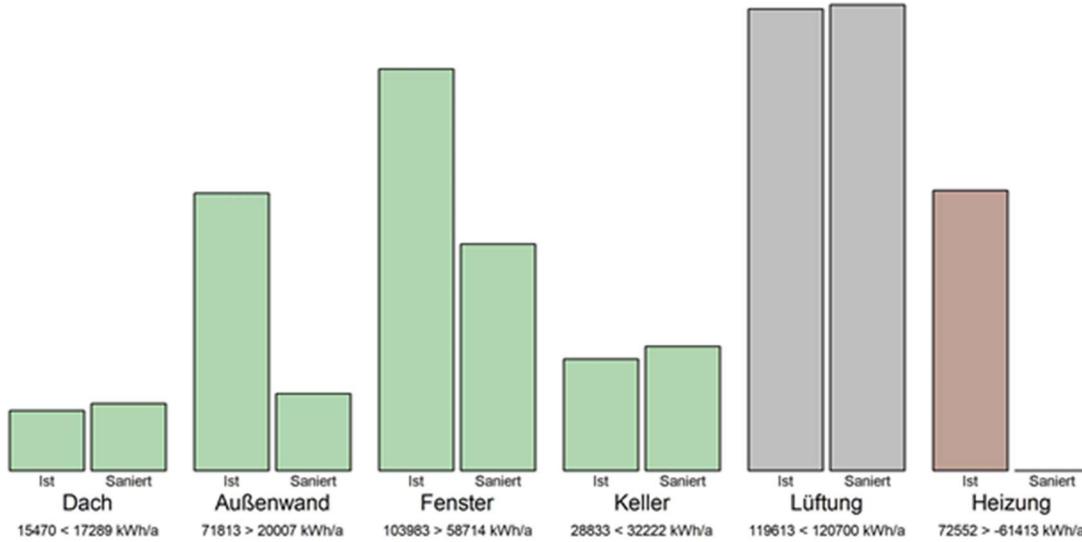
kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Durch die gemeinsame Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen könnte ein Effizienzgebäude-Standard 100 erreicht werden (vgl. Kap. 4.7).

Da das Erreichen eines Effizienzgebäude-Standards 100 nicht mehr gefördert wird, können für die beschriebenen Sanierungsvarianten jeweils als Einzelmaßnahme Fördermittel aus der BEG EM beantragt werden.

<i>Fördermöglichkeiten</i>				
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>
<b>Var. 1</b> <i>Fenster- und Türentausch</i>	BEG EM	253.769	15	bis zu 56.954
<b>Var. 2</b> <i>Außenwandsanierung</i>	BEG EM	211.121	15	bis zu 16.167
<b>Var. 3</b> <i>LED-Beleuchtung</i>	BEG EM	122.705	15	bis zu 18.406
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 30.676
<b>Var. 4</b> <i>Sole-Wasser-Wärmepumpe</i>	BEG EM	457.155	30	bis zu 137.147
<b>Summe</b>		<b>1.044.750</b>		<b>bis zu 228.674</b>
				<b>ODER</b>
				<b>bis zu 240.944</b>

**Energieeinsparung - Variante 5 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 70 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 283.968 kWh/Jahr reduziert sich auf 85.467 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 198.501 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 27.932 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 45 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

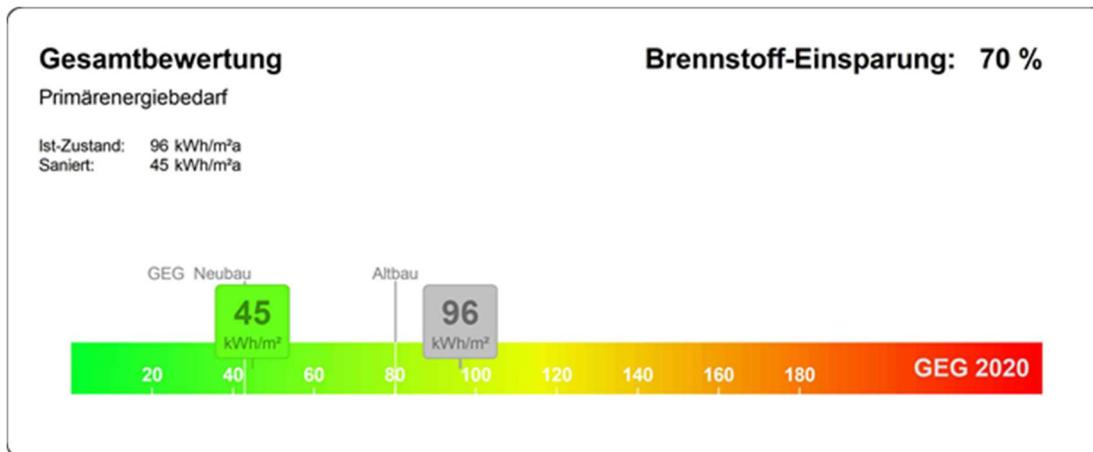


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5*

Gesamtinvestitionen	1.044.750 EUR
Mögliche Fördermittel mit BEG EM für Beleuchtungssanierung	228.674 EUR
<b>ODER</b>	
Mögliche Fördermittel mit Kommunalrichtlinie für Beleuchtungssanierung	240.944 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>1.044.750 EUR</b>

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.

Für die Wärmepumpe wurde eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen. Für die Erdsonden wurde eine höhere Nutzungsdauer von 40 Jahren angenommen. Bauteile der Außenhülle haben eine Nutzungsdauer von 30 Jahren. Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauern gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben

*Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	69.395	69.395
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	25.090	65.473
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	94.485	134.868
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	29.502	183.718
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>48.850</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>22 Jahre</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauern vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahmenkombination nach 22 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO<sub>2</sub> und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

**Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremse 2023**

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

Tabelle 22 Kostenannahmen Preisbremse

	<b>Preisbremse</b>
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 5 mit Preisbremse

	<b>mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	69.395
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	58.078
Summe	127.473
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	97.938
<b>Einsparung</b>	<b>Keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>

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

#### 4.7 EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 100 erreicht werden.

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.

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_{p}$	kWh/m <sup>2</sup> a	69,7	120,4	86,0	34,4	47,3	60,2	86,0	137,5
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	0,56		0,18	0,22	0,26	0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	1,2	2,7		1,0	1,2	1,4	1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> 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

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Wärmepumpen	141260	55,2

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

Summe Deckungsgrad: 55,2%

Abbildung 19 EG-Betrachtung Anbau 1 Berufsbildende Schulen am Museumsdorf

## 5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung des Anbaus 1 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 4 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 57 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Einsatz einer Sole-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 15 % gesenkt werden. Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 70 % bzw. an CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 41 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Dadurch würde der Effizienzgebäude-Standard 100 erreicht werden.

Aufgrund der hohen Einsparungen wird mindestens die Erneuerung der Heizzentrale empfohlen. Doch hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, sollte die Maßnahmenkombination umgesetzt werden. Durch den gesenkten Endenergiebedarf der restlichen Maßnahmen kann die Sole-Wasser-Wärmepumpen ebenfalls effizienter arbeiten.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Emissionen selbst bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht gänzlich vermieden werden und liegen bei ca. 40 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strommix im Laufe der nächsten Jahre voraussichtlich deutlich verbessern und die anzusetzenden CO<sub>2</sub>-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. CO<sub>2</sub>-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.