



**BERATUNGSBERICHT**  
zur energetischen Betrachtung  
von Nichtwohngebäuden

**FÜR DIE ALBERT-SCHWEITZER-  
SCHULE CLOPPENBURG**

**SPORTHALLE**

**Auftraggeber**  
Landkreis Cloppenburg  
Eschstr. 29  
49661 Cloppenburg

Greven, den 04.04.2023

**Auftragnehmer**  
energielenker projects GmbH  
Hüttruper Heide 90  
48268 Greven  
Ansprechpartner: Christof Kattenbeck



**LANDKREIS  
CLOPPENBURG**  
**WIRISTHIER.**



**energielenker**  
Für Klima und Zukunft

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	4
TABELLENVERZEICHNIS .....	5
1 Einleitung .....	6
2 Zusammenfassung .....	7
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG .....	7
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ .....	9
2.3 INVESTITIONSKOSTEN .....	10
3 Ausgangssituation .....	11
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES .....	11
3.2 FOTODOKUMENTATION .....	12
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG .....	13
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	16
3.4.1 Energieverbrauchskennwerte .....	17
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	19
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung .....	19
3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand .....	20
3.6 WÄRMEBRÜCKEN .....	20
3.7 ANLAGENTECHNIK .....	20
3.7.1 Heizungsanlage .....	20
3.7.2 Warmwasserversorgung .....	20
3.7.3 Beleuchtung .....	20
3.7.4 Lüftungstechnik .....	20
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG .....	21
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	21
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand .....	21
3.8.3 Energiekosten .....	25
3.8.4 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer und Gas-Umlage .....	25
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	25
4 Sanierungsvarianten .....	27
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	27
4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH .....	28
4.3 SV 2: AUßENWAND DÄMMEN .....	31

4.4	SV 3: LED-BELEUCHTUNG .....	34
4.5	SV 4: HEIZUNGSOPTIMIERUNG .....	38
4.6	SV 5: REGENERATIVE NAHWÄRME .....	41
4.7	SV 6: WARMWASSER-WÄRMEPUMPE.....	42
4.8	SV 7: MAßNAHMENKOMBINATION .....	46
4.8.1	Effizienzgebäudebetrachtung.....	50
5	Fazit .....	51
6	Anhang .....	52
A.1	GLOSSAR .....	52

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert) .....	11
Abbildung 2 3D-Ansicht der Sporthalle.....	13
Abbildung 3 Nutzungszonen .....	14
Abbildung 4 Grundriss EG, zониert.....	15
Abbildung 5 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung .....	17
Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte .....	18
Abbildung 7 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste .....	22
Abbildung 8 Energiebilanz des Gebäudes.....	23
Abbildung 9 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf .....	23
Abbildung 10 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Sporthalle .....	24
Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 .....	29
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	32
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	36
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 .....	39
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	41
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6 .....	44
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7 .....	47
Abbildung 18 Berechnung des Energiebedarfs .....	53

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	12
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung .....	14
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch .....	16
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	17
Tabelle 5 Gebäudekennwerte .....	19
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	21
Tabelle 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	22
Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger .....	25
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger .....	25
Tabelle 10 Globale Daten zur Ökonomie.....	25
Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1 .....	30
Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 1 .....	30
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2 .....	33
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 2 .....	33
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3 .....	37
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 3 .....	37
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4 .....	40
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 4 .....	40
Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6 .....	45
Tabelle 20 Einsparpotenzial, SV 6 .....	45
Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7 .....	48
Tabelle 22 Einsparpotenzial, SV 7 .....	48

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für das Hauptgebäude der Albert-Schweitzer-Schule 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 Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Die Grundlagen der jeweiligen Kostenangaben sind den einzelnen Sanierungsvarianten zu entnehmen. Zudem sollten die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig mit der Vergabestelle abgestimmt werden.

Die energetischen Berechnungen im vorliegenden Bericht wurden mit dem „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

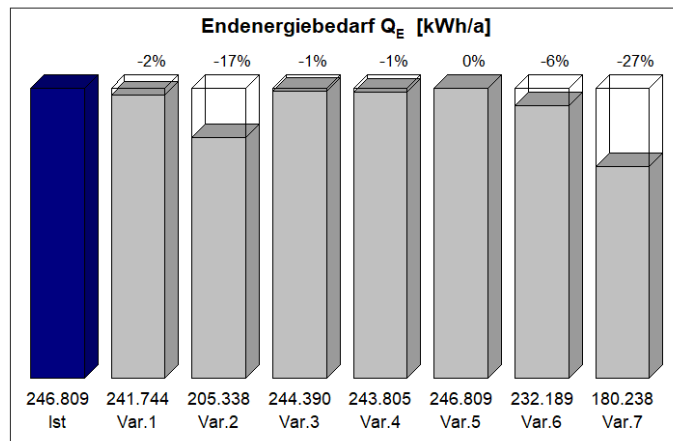
Nachfolgend sind die Einsparungen an Endenergie nach Maßnahmenumsetzung aufgeführt, die durch Modernisierungen am Gebäude und der Anlagentechnik generiert werden können:

#### Endenergiebedarf

Endenergiebedarf  $Q_E$ :

Ist-Zustand

- Var.1 - Fenster und Türen austauschen
- Var.2 - Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - Heizungsoptimierung
- Var.5 - regenerative Nahwärme
- Var.6 - Warmwasser Wärmepumpe
- Var.7 - Maßnahmenkombination



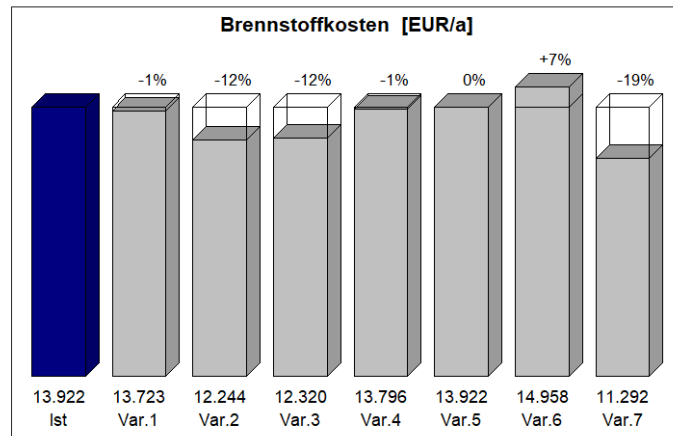
Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt. Wie in Kap. 4.3 beschrieben, führt die Warmwasserwärmepumpe (Var.6) bei den Bestands-Preisen noch zu einer Erhöhung der Brennstoffkosten. Bei aktuell ortsüblichen Energiepreisen reduzieren sich die Kosten durch die Wärmepumpe.

Brennstoffkosten nach alten Preisen:

Brennstoffkosten:

Ist-Zustand

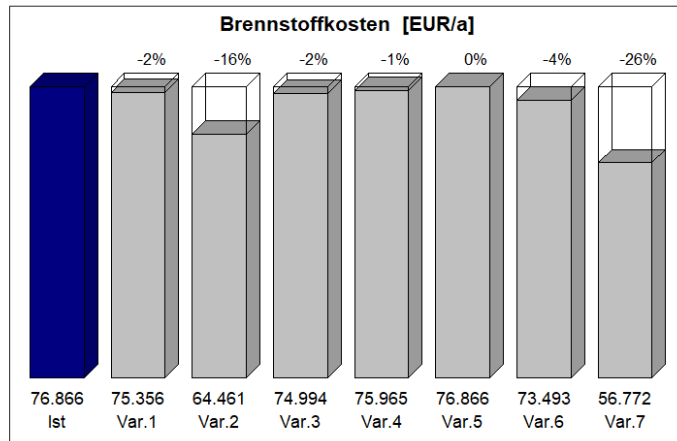
- Var.1 - Fenster und Türen austauschen
- Var.2 - Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - Heizungsoptimierung
- Var.5 - regenerative Nahwärme
- Var.6 - Warmwasser Wärmepumpe
- Var.7 - Maßnahmenkombination



Brennstoffkosten nach neuen Preisen:

Brennstoffkosten:

- Ist-Zustand
- Var.1 - Fenster und Türen austauschen
- Var.2 - Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - Heizungsoptimierung
- Var.5 - regenerative Nahwärme
- Var.6 - Warmwasser Wärmepumpe
- Var.7 - Maßnahmenkombination





## 2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

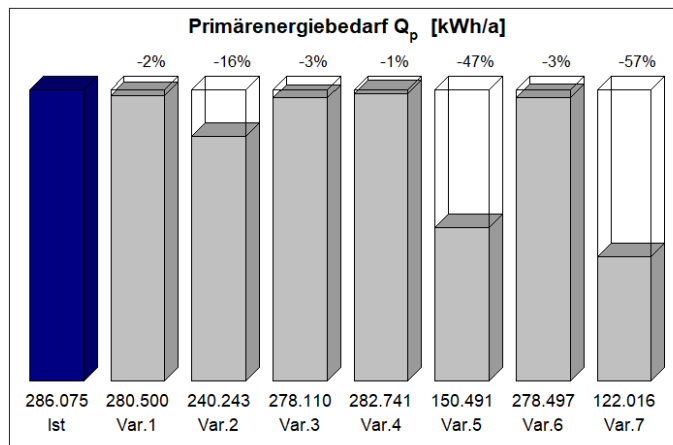
Wie in der Einleitung dieses Berichtes umrissen wird, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Primärenergie. Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger 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.

### Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf  $Q_p$ :

Ist-Zustand

- Var.1 - Fenster und Türen austauschen
- Var.2 - Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - Heizungsoptimierung
- Var.5 - regenerative Nahwärme
- Var.6 - Warmwasser Wärmepumpe
- Var.7 - Maßnahmenkombination

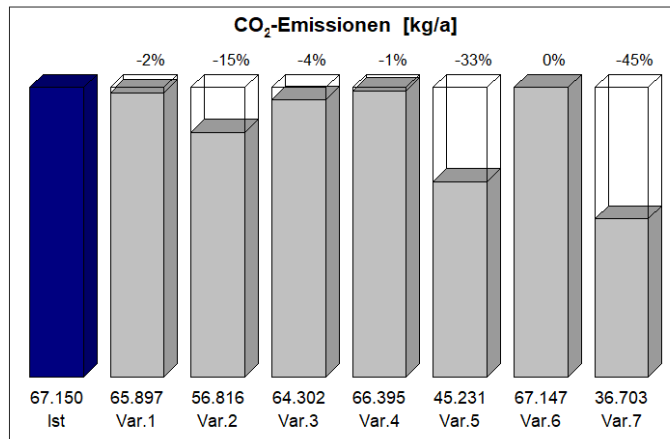


### CO<sub>2</sub>-Emissionen

CO<sub>2</sub>-Emissionen:

Ist-Zustand

- Var.1 - Fenster und Türen austauschen
- Var.2 - Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - Heizungsoptimierung
- Var.5 - regenerative Nahwärme
- Var.6 - Warmwasser Wärmepumpe
- Var.7 - Maßnahmenkombination



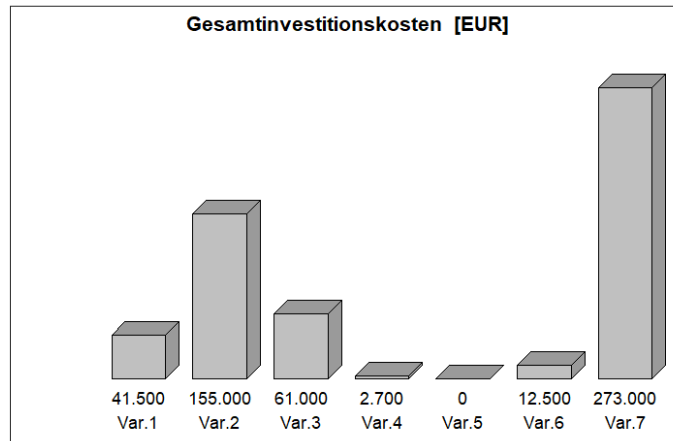
## 2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten sowie die mittlere Kosteinsparung pro Jahr der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt.

### Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:

- Var.1 - Fenster und Türen austauschen
- Var.2 - Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - Heizungsoptimierung
- Var.5 - regenerative Nahwärme
- Var.6 - Warmwasser Wärmepumpe
- Var.7 - Maßnahmenkombination



### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Albert-Schweitzer-Schule liegt an der Vahrener Str. 60 in Cloppenburg. Die Sporthalle der Schule wurde im Jahr 1978 errichtet. Das Gebäude wurde als Massivbau errichtet, ist eingeschossig und hat keinen Keller. Das Gebäude verfügt über eine große Turnhalle und mehrere Umkleide- und Duschräume. Die Dächer sind als Flachdächer ausgeführt. 2009 wurden Sanierungsarbeiten durchgeführt, bei denen die Dächer, die Lichtkuppeln, sowie die Beleuchtung und die Heizungsverteilung erneuert wurden.

Das Gebäude wird über die Heizungsanlage des Hauptgebäudes der Albert-Schweitzer-Schule mit Wärme versorgt. Zusätzlich versorgt die Sporthalle über eine Lüftungsanlage, die 2009 erneuert wurde und einen Warmwasser-Speicher mit einem Volumen von 1000l.

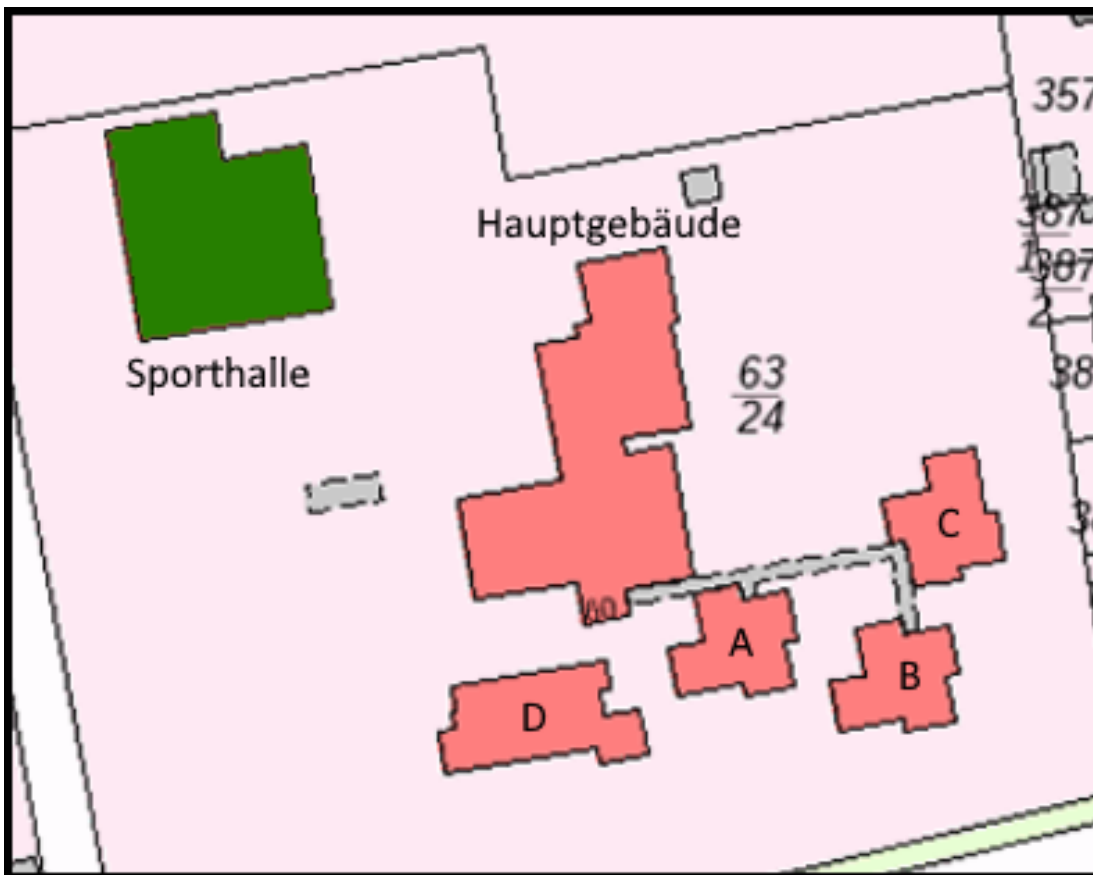


Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	<b>Albert-Schweitzer-Schule Sporthalle</b>
Gebäudetyp	Sporthalle
Straße, Hausnr.	Vahrener Str. 60
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg
Baujahre	1978
Beheiztes Gebäudevolumen V	5.560 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche A <sub>NGF</sub>	1.024 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche	3.130 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschosshöhe	ca. 5,43 m

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

### 3.2 FOTODOKUMENTATION





### 3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

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

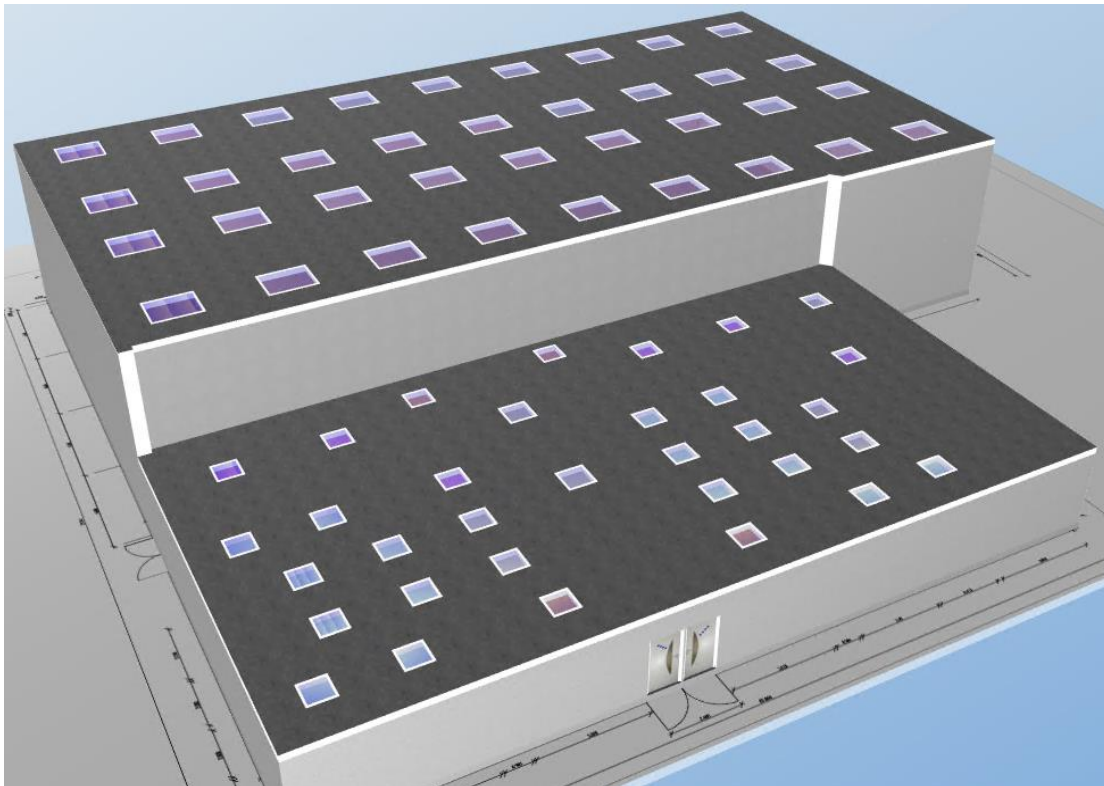


Abbildung 2 3D-Ansicht der Sporthalle

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Konditionierung			Größe in m <sup>2</sup>	Anteilige Größe der Zone in %
	Thermische Konditionierung	RLT	Beleuchtung		
Sporthalle	beheizt	Zu- und Abluftanlage	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	647	63,2 %
WC und Sanitärräume	beheizt	Zu- und Abluftanlage	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	160	15,6 %
Verkehrsfläche	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	36	3,5 %
Lager	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	148	14,5 %
Sonstige Aufenthaltsräume	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	33	3,2 %
<b>Summe</b>				<b>1.024</b>	<b>100%</b>

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

Zonen nach DIN V 18599	
■	Sporthalle
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Verkehrsfläche
■	Lager
■	Sonstige Aufenthaltsräume

Abbildung 3 Nutzungszonen

In den folgenden Abbildungen sind die zonierte Grundrisse zu sehen:

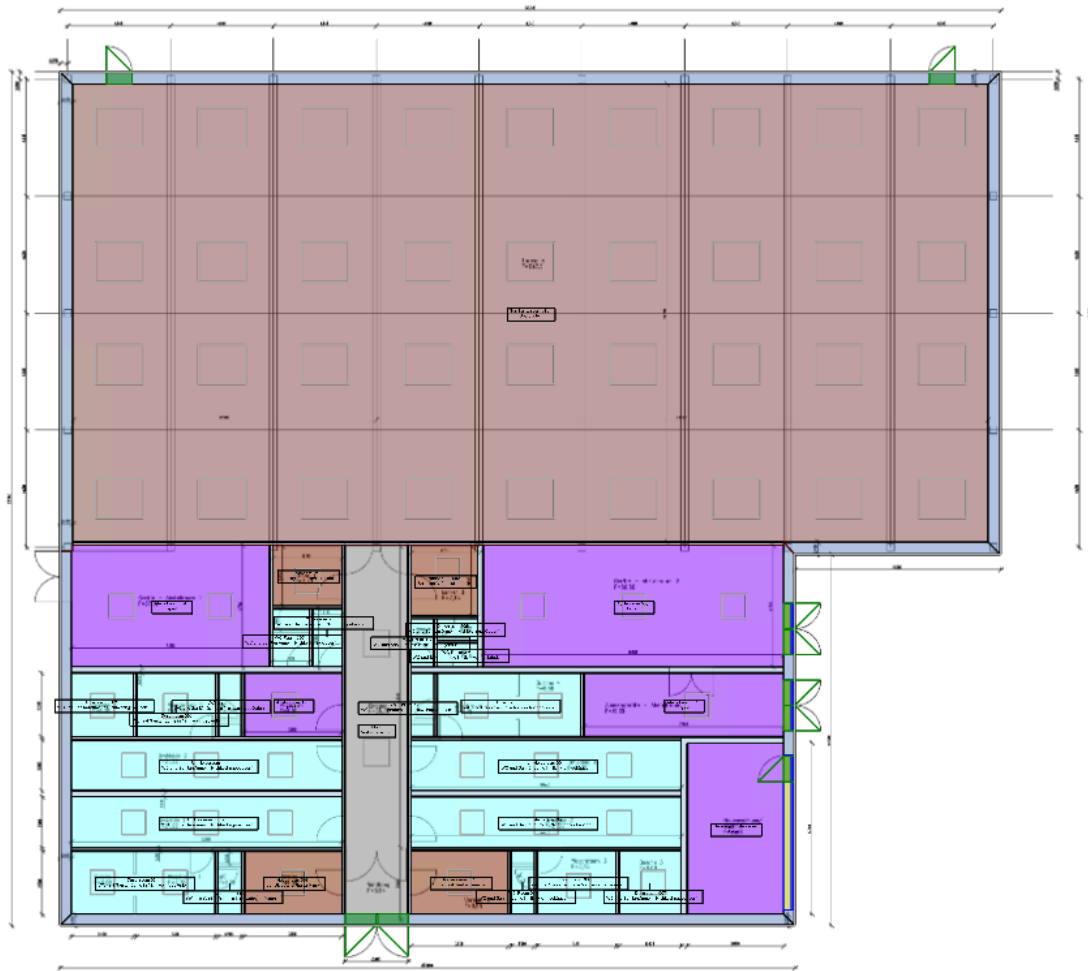


Abbildung 4 Grundriss EG, zoniert

### 3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude. Dies schließt die separat betrachteten Nebengebäude und die Sporthalle mit ein (vgl. Beratungsberichte Nebengebäude). Um die Verbräuche besser einordnen zu können, sollte der Landkreis Cloppenburg in der Zukunft eigene Messungen für die einzelnen Gebäude durchführen.

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

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

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

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser aus den Jahren 2016, 2017 und 2018 der Schule zu entnehmen. Es ist darauf hinzuweisen, dass nach diesen Jahren weitreichende Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden, die aller Voraussicht nach zu geringeren Verbräuchen geführt haben. Allerdings ist zu vermuten, dass die Verbrauchszahlen aus den Folgejahren aufgrund der Bauphasen und der geringeren Nutzung in den „Corona“-Jahren ebenfalls nicht besonders aussagekräftig sind, weshalb die Zahlen aus den Jahren vor den Maßnahmen gewählt wurden.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

<b>Jahr</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Mittelwert</b>
<i>klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]</i>	512.272	580.311	591.284	<b>561.289</b>
<i>Strom [kWh/a]</i>	49.481	54.314	54.424	<b>52.740</b>
<i>Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]</i>	561.753	634.625	645.708	<b>614.029</b>
<i>Wasser [m<sup>3</sup>/a]</i>	430	434	348	<b>404</b>



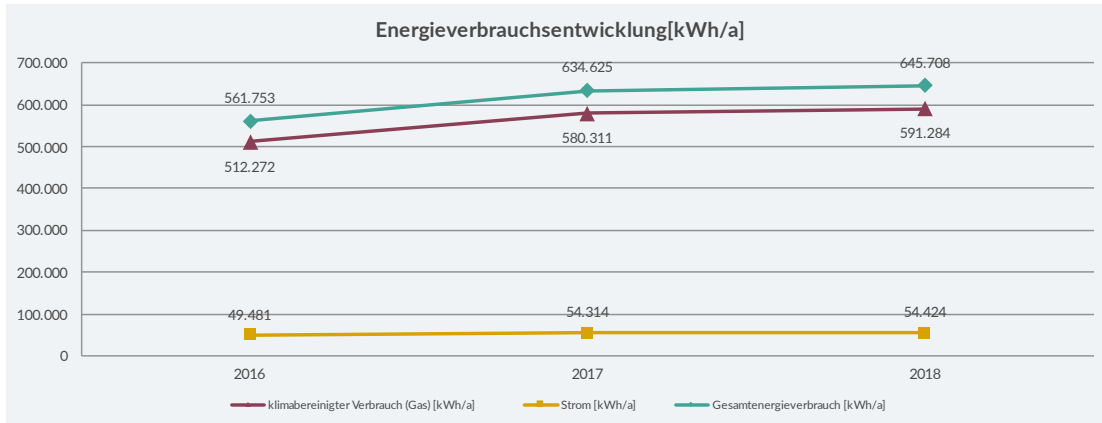


Abbildung 5 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

### 3.4.1 Energieverbrauchskennwerte

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

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Schulen mit Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	10	11
Wärme	62	109	99
Wasser	70	78	140

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

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

<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)

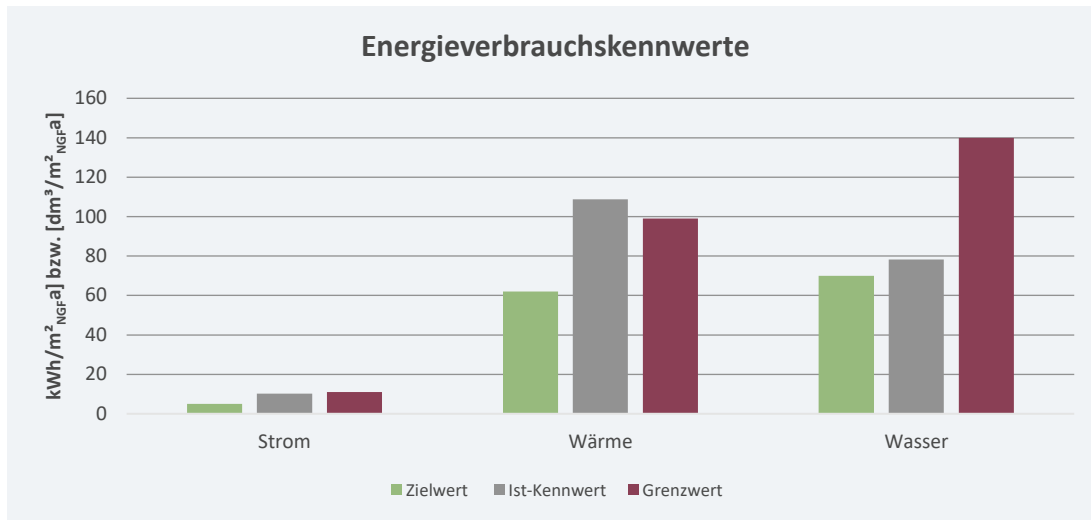


Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Strom liegen zwischen dem Zielwert und dem Grenzwert. Der weitere Ausbau der LED-Beleuchtung und die Nutzung von Präsenzmeldern würde den Stromverbrauchskennwert näher an den Zielwert bringen.

Der Wärmeverbrauchskennwert liegt über dem Grenzwert. Wie zuvor beschrieben sollte dieser sich jedoch durch die bereits durchgeführten Maßnahmen dem Zielwert weiter angenähert haben.

Der Wasserverbrauch liegt bereits sehr nahe am Zielwert. Um den Wasserverbrauch zu senken, können Durchflussbegrenzer in den WC-Räumen eingesetzt werden.

### 3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf. Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels 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>	0,80	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
<b>Außenwand</b>	0,80	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
<b>Pult-/ Flachdächer</b>	0,20	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
<b>Fenster</b>	4,30	1,30	0,95
<b>Lichtkuppeln</b>	2,70	2,70	1,50
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
<b>Außentüren</b>	3,50	1,80	1,30

<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 U<sub>w</sub>-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.

### 3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

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

## 3.6 WÄRMEBRÜCKEN

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

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

## 3.7 ANLAGENTECHNIK

### 3.7.1 Heizungsanlage

Das Gebäude verfügt über keine eigene Heizungsanlage, sondern wird über die Heizzentrale des Nachbargebäudes mitversorgt. Hierbei wird die Wärme durch Erdgas erzeugt. Es wird mit den Erzeugungspreisen des Nachbargebäudes gerechnet und ein Primärenergiefaktor von 1,1 angesetzt. Die Heizungspumpen und Verteilung wurden 2009 erneuert.

### 3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt über die Heizungsanlage. Hierfür wurde ebenfalls 2009 ein neuer Warmwasser-Speicher mit einem Volumen von 1000l eingebaut. Hierüber werden die Duschen und Waschbecken der Sanitärräume versorgt.

### 3.7.3 Beleuchtung

2009 wurde ebenfalls die Beleuchtung erneuert und mit Präsenz- und Tageslichtsensoren ausgestattet. Für die Beleuchtung werden jedoch weiterhin Lampen mit Leuchtstoffröhren verwendet.

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

### 3.7.4 Lüftungstechnik

Die Sporthalle und die Dusch- und Umkleieräume werden über eine Lüftungsanlage be- und entlüftet. Die Lüftungsanlage wurde 2009 erneuert und wird nun mit Wärmerückgewinnung betrieben. Die Anlage hat einen Nenn-Volumenstrom von 10.000 m<sup>3</sup>/h.

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

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen 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 ingenieurstechnische 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>	
spez. Endenergiebedarf Heizung	<b>195,76</b>
Endenergiebedarf Warmwasser	<b>26,23</b>
Beleuchtungsstrom	<b>12,30</b>
Strom für Lüftungsanlagen	<b>6,66</b>

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

**Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.**

#### 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 –

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

und der Anlagenverluste auf die Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie (Strom) – sowie der Lüftungsverluste können Sie der nachfolgenden Tabelle und den Diagrammen entnehmen.

Tabelle 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
<b>Transmissionsverluste</b>		
Dach	18.341	11,4
Außenwand	69.692	43,2
Fenster	35.912	22,2
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	37.556	23,3
<b>Gesamt</b>	<b>161.501</b>	<b>100,0</b>
<b>Lüftungsverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>57.274</b>	<b>100,0</b>
<b>Anlagenverluste</b>		
<b>Gesamt (Heizung + Warmwasser)</b>	<b>60.010</b>	<b>100,0</b>

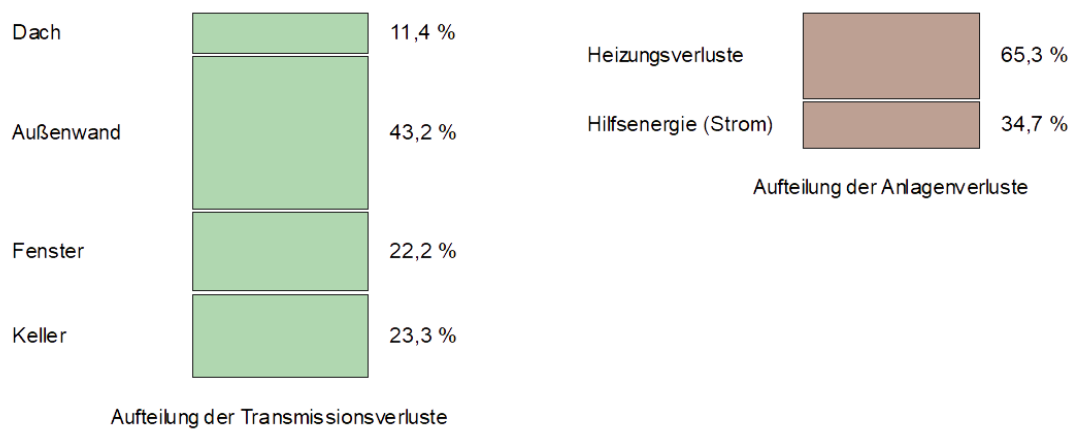


Abbildung 7 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

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.

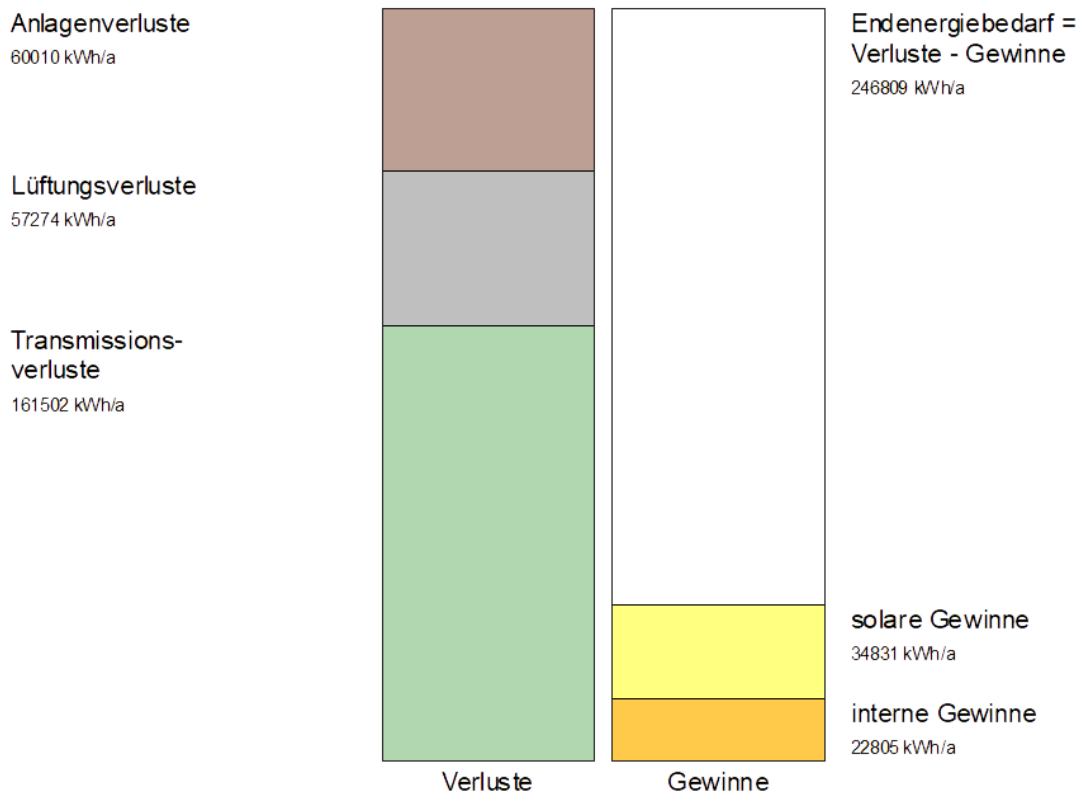


Abbildung 8 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro  $m^2$  Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser  $279 \text{ kWh}/m^2a$ .

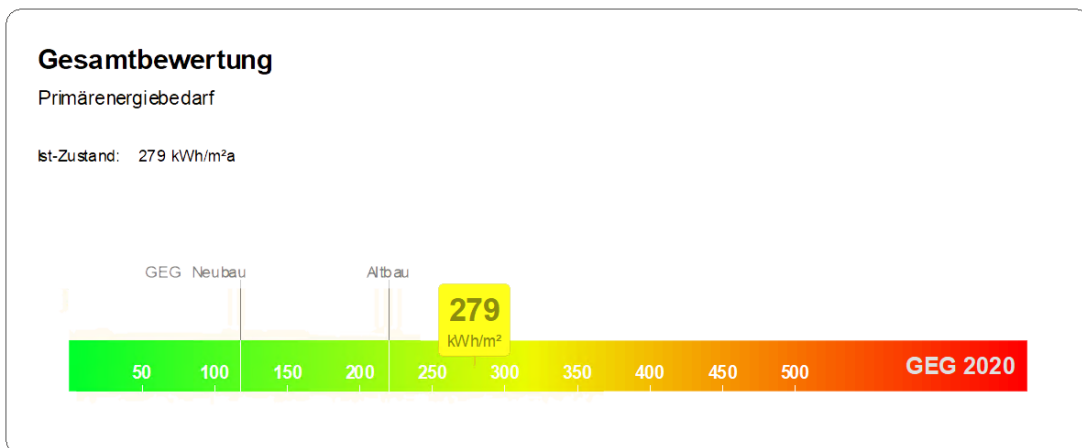


Abbildung 9 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der bauliche Ist-Zustand des Gebäudes ist mittelmäßig. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf  $Q_P$  ( $\text{kWh}/m^2a$ ), den mittleren U-Wert opaker Bauteile ( $\text{W}/m^2K$ ) und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile ( $\text{W}/m^2K$ ). Die berechneten Werte sind entscheidend bei der Erreichung eines Effizienzhausstandards.

**Effizienzgebäude-Stufen**

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	279,3	❑ 220,2	157,3	❑ 62,9	❑ 86,5	❑ 110,1	❑ 157,3	❑ 251,7
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,45	✅ 0,56		❑ 0,18	❑ 0,22	❑ 0,26	❑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	4,3	❑ 2,7		❑ 1,0	❑ 1,2	❑ 1,4	❑ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	2,7	✅ 4,3		❑ 1,6	❑ 2,0	❑ 2,4	✅ 3,0	

Abbildung 10 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Sporthalle

Aus Abbildung 10 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand **kein** Effizienzgebäude Standard erfüllt. Dies liegt zum einen daran, dass die Wärmeversorgung zu 100% auf Gas beruht und der Primärenergiebedarf deswegen relativ hoch ist. Zum anderen weisen die transparenten Bauteile (Fenster) und die opaken Bauteile keine U-Werte auf, die für eine Effizienzstufe ausreichen würden.



### 3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 8 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg. Da diese Werte deutlich niedriger sind, als aktuelle, ortsübliche Tarife, sind in Tabelle 9 Werte aus aktuellen Tarifen abgebildet. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger

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 9 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 10 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.

Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 20 % beaufschlagt und sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten enthalten.

In den Investitionskosten sind auch die Kosten für kleinere Nebenarbeiten enthalten und es handelt sich um Brutto-Preise.

**Beispiel:**

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

## 4 SANIERUNGSVARIANTEN

### 4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

Var. 1 – Fenster- und Türentausch

Var. 2 – Außenwand dämmen

Var. 3 – LED-Beleuchtung

Var. 4 – Heizungsoptimierung

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. 7) kann der Effizienzgebäude-Standard 100 EE erreicht werden. Für Details siehe Kap. 4.8.1.

## 4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Die Fenster des Gebäudes stammen aus 1978 und weisen daher keine gute Wärmedämmeigenschaften auf und sollten erneuert werden. 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  $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$  anzusetzen.

Die alten Fenster werden durch neue 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem  $U_w$ -Wert von  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  ersetzt.

Die alten Außentüren werden ebenfalls mit einem  $U_w$ -Wert von  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  ersetzt.

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Summe [€]
<i>Einzel Fenster Rückbau</i>	27,67		
<i>Alu-Fenster inkl. Einbau</i>	1.143,95		
<b>Einzel Fenster gesamt</b>	1.200	6	7.200
<i>Außentüren Rückbau</i>	37,47		
<i>Tür nach Energiestandards inkl. Einbau</i>	2.068,43		
<b>Außentüren</b>	2.150	16	41.500
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>41.500</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

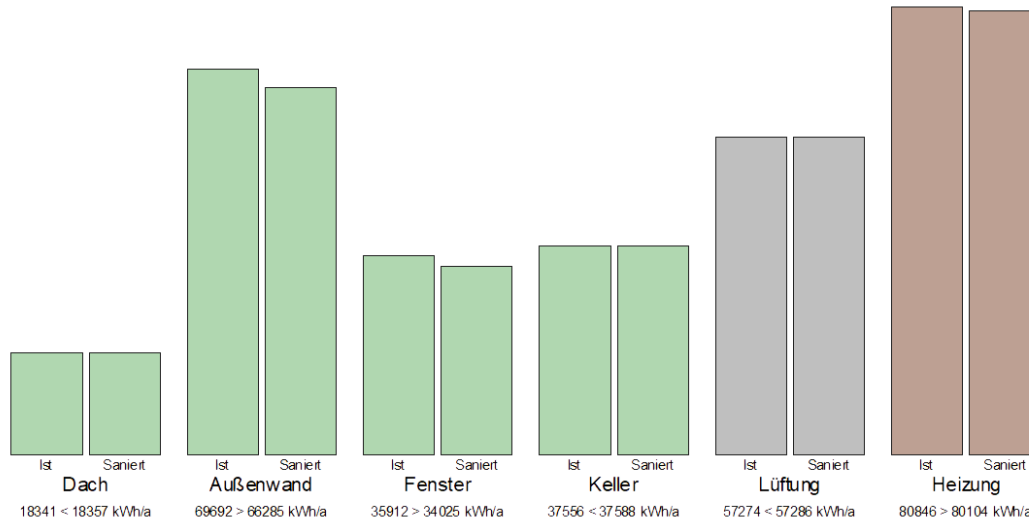
### BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

<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 39.300 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 1 -

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 246.809 kWh/Jahr reduziert sich auf 241.744 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5.065 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.253 kg CO<sub>2</sub>/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 274 kWh/m<sup>2</sup> 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.

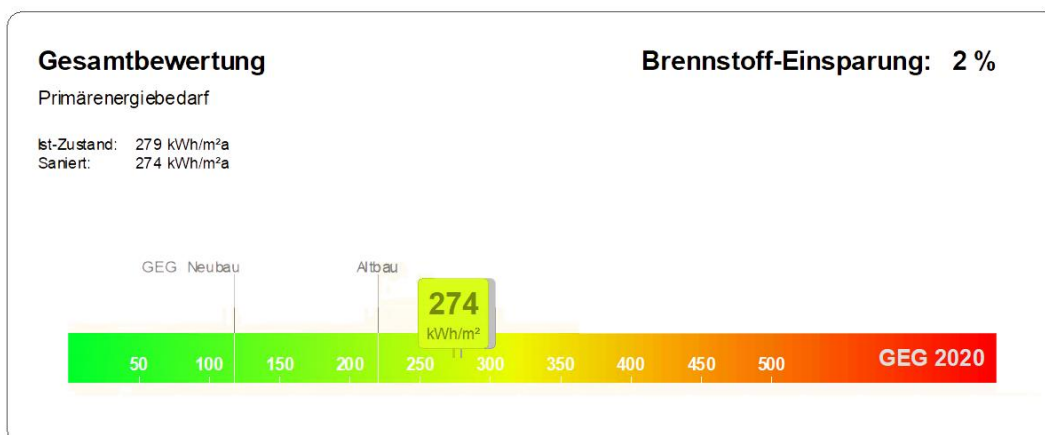


Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1*

Gesamtinvestitionen	41.500 EUR
Mögliche Fördermittel	39.300 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 12 Einsparpotenzial, SV 1*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	2.117	2.117
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	24.484	134.551
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	26.601	136.558
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	24.838	137.135
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>577</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>25</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. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 25 Jahren.

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: AUßENWAND DÄMMEN

In dieser Variante werden die Außenwandflächen des Gebäudes erneuert und nachträglich gedämmt.

Die Außenwand werden wie bei den Maßnahmen am Nebengebäude A (vgl. Beratungsbericht Nebengebäude A) von außen mit 16 cm Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von 0,035 W/mK gedämmt und verkleidet. Um BEG-Förderung in Anspruch nehmen zu können, muss der U-Wert für Einzelmaßnahmen  $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  betragen. Dieser Wert wird durch die gewählte Dämmstoffdicke unterschritten (U-Wert =  $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ).

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche	Summe [€]
Außenwand WD auf alten Klinker	180	862	155.000

Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Für Außenwände folgendermaßen: Lieferung, Einbau und Montage Wärmedämmung, Vorhangkonstruktion, Lohnkosten und Baustelleneinrichtung.

#### **BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

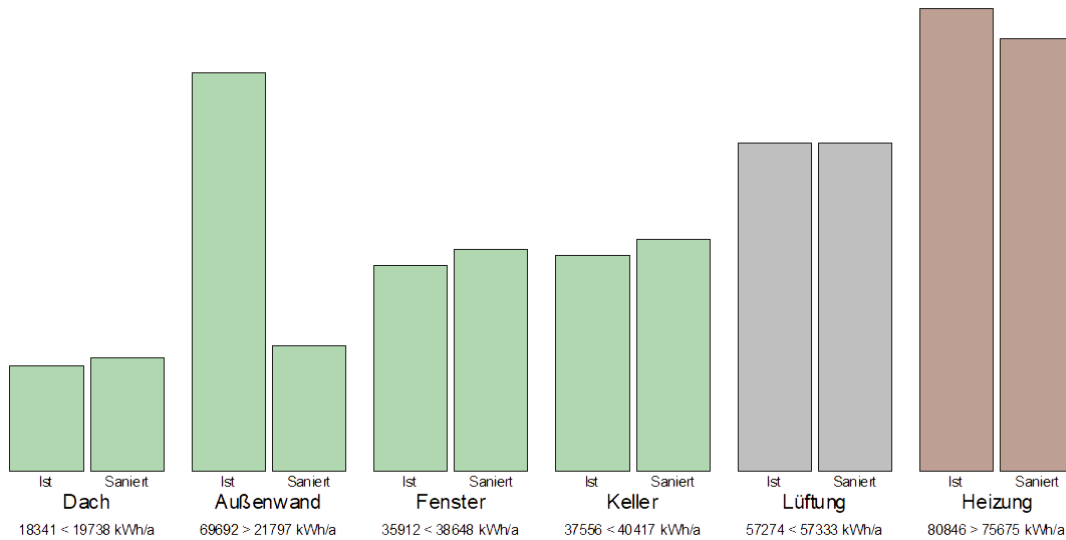
<b>Info</b>	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
<b>Förderquote</b>	15 %
<b>Förderhöhe</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
<b>Förderkreditbeitrag</b>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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 14.700 € beantragt werden.

werden.

**Energieeinsparung - Variante 2 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **17 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 246.809 kWh/Jahr reduziert sich auf 205.338 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 41.471 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 10.334 kg CO<sub>2</sub>/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 235 kWh/m<sup>2</sup> 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.

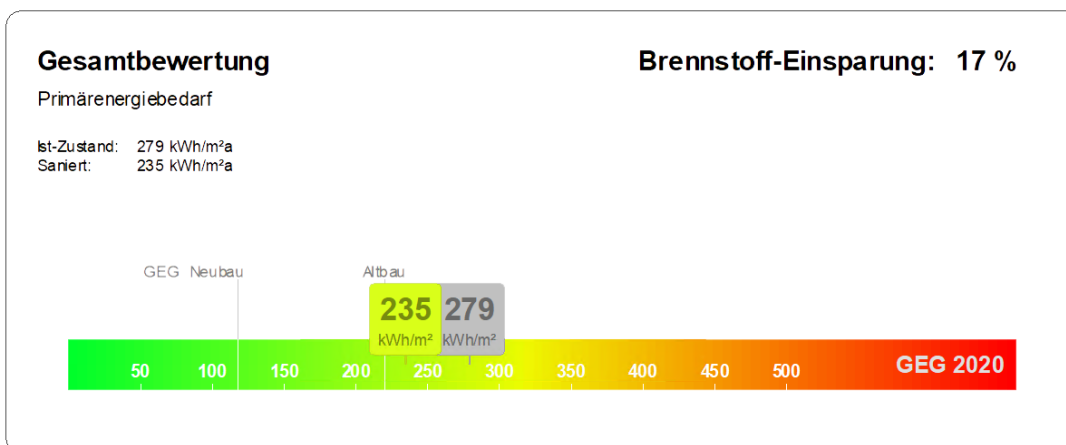


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2*

Gesamtinvestitionen	155.000 EUR
Mögliche Fördermittel	14.700 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 14 Einsparpotenzial, SV 2*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	7.908	7.908
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	21.844	115.004
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	29.752	122.912
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	24.838	137.135
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>14.223</b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b>-</b>	<b>12</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. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 12 Jahren.

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 vorhandenen Leuchtstoffröhren in den Nutzungsräumen durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt.

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 sieht es deutlich besser aus. Hier werden etwa 40 % der eingesetzten Energie in sichtbares Licht umgewandelt und nur 60 % in Wärme. Aus diesem Grund steigt der Wärmebedarf des Gebäudes minimal an.

Nachfolgend ist die Sporthalle abgebildet, der aktuell durch 45 Leuchten mit je 3 Leuchtstoffröhren beleuchtet wird. Wie die Berechnung zeigt, könnte dieser Raum ebenfalls durch 29 ballwurfsichere LED-Leuchten mit je 69W ausreichend beleuchtet werden. Hierdurch kann der benötigte Strom deutlich reduziert werden. Intelligente Sensorik, wie Präsenzmelder und Tageslichtsensoren, sind, wie zuvor beschrieben, bereits vorhanden.

##### Lichtrechner

###### Leuchte

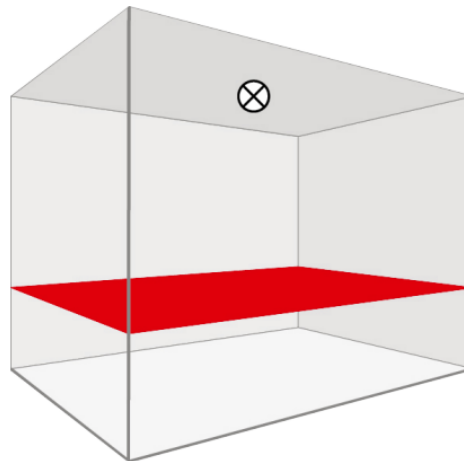
Montageart: Anbau  
Leuchtenlichtstrom: 9.300 lm

###### Nutzebene

Höhe über Boden: 0,75 m  
Beleuchtungsstärke: 300 lx  
Randbereich von 0,5 m: Ja

###### Raum

Maße: 37 x 19 x 6,9 m  
Reflexionsgrad: 70/50/20  
Wartungsfaktor: 0,8



##### Ergebnis Ihrer Berechnung

Anzahl der Leuchten	Beleuchtungsstärke	Spezifischer Anschlusswert	
29 28,31 exakter Wert	307lx	2,8 W/m <sup>2</sup>	0,9 W/m <sup>2</sup> /100lx

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

<b>Zone</b>	<b>Preis [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Fläche</b>	<b>Summe [€]</b>
Sporthalle	55	648	35.640
WC und Sanitär	90	160	14.400
Verkehrsfläche	45	36	1.620
Lager	45	148	6.660
Sonstige Aufenthaltsräume	50	33	1.650
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>60.000</b>

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.

#### **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 raumlufttechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
<b>Förderanteil</b>	15 %
<b>Antragsberechtig</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto) Max. 1.000€ pro m <sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio.€)
<b>Fristen</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m <sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von 6.450 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

#### **Kommunalrichtlinie - Beleuchtungsanierung (2.9)**

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

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 10.750€ (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 3 -**

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 246.809 kWh/Jahr reduziert sich auf 244.390 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2.419 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2.848 kg CO<sub>2</sub>/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 272 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

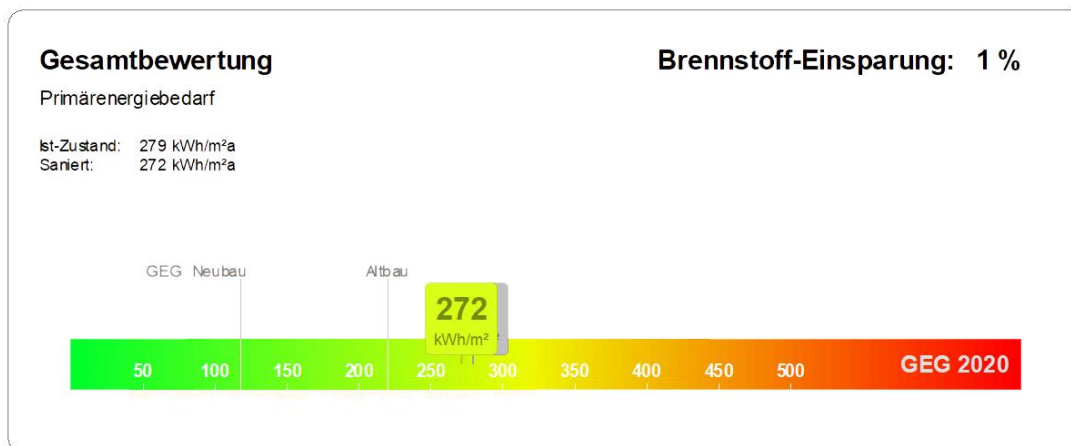


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3*

Gesamtinvestitionen	60.000 EUR
Mögliche Fördermittel	10.750 EUR

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

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

*Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 3*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	4.033	4.033
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	18.358	111.752
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	22.391	115.785
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	20.746	114.543
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b><i>Keine Einsparung</i></b>	<b><i>Keine Einsparung</i></b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>-</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 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme ebenfalls nicht.

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.

#### 4.5 SV 4: HEIZUNGSOPTIMIERUNG

Die Heizungsanlage wurde bei den Sanierungsmaßnahmen 2009 bereits umfangreich optimiert. Es wird lediglich ein hydraulischer Abgleich durchgeführt.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis	Anzahl	Summe [€]
Hydraulischer Abgleich	(515 + 1,6*Nettogrundfläche)*1,25	1024 m <sup>2</sup>	2.700
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>2.700</b>

Die Preise für den hydraulischen Abgleich 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: Aufmaß aller Räume und Heizkörper sowie des Rohrnetzes vor Ort, Pumpenbemessung, Vorlauftemperaturberechnung, Berechnung der Einstellparameter für voreinstellbare Regelventile, Einstellung der Parameter vor Ort

Seit Oktober 2022 wird ein hydraulischer Abgleich für Nichtwohngebäude mit mehr als 1.000 m<sup>2</sup> beheizter Fläche nicht mehr gefördert.

**Energieeinsparung - Variante 4 -**

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 246.809 kWh/Jahr reduziert sich auf 243.805 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.003 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 755 kg CO<sub>2</sub>/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 276 kWh/m<sup>2</sup> 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.

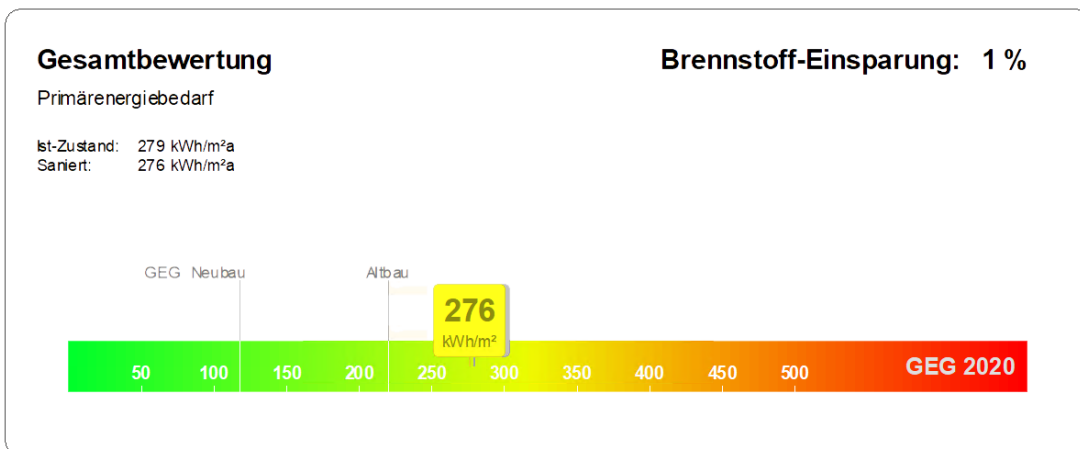


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4*

Gesamtinvestitionen	2.700 EUR
---------------------	-----------

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

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

*Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 4*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	181	181
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	20.559	113.200
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	20.740	113.381
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	20.746	114.543
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b>6</b>	<b>1.162</b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b>20</b>	<b>3 Jahre</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nach 20 Jahren die Investitionen decken werden. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 3 Jahren

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.



#### 4.6 SV 5: REGENERATIVE NAHWÄRME

Die Umstellung der Wärmeversorgung erfolgt über eine Umstellung der Heizungstechnik im Hauptgebäude der Schule, da in dem vorliegenden Nebengebäude kein Platz für eine eigene Heizung vorhanden ist. Für die Annahme des Primärenergiefaktors und des CO<sub>2</sub> Ausstoßes werden die Werte aus der Sanierungsmaßnahme im Beratungsbericht des Hauptgebäudes verwendet.

##### Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes nicht.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 21.919 kg CO<sub>2</sub>/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 147 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

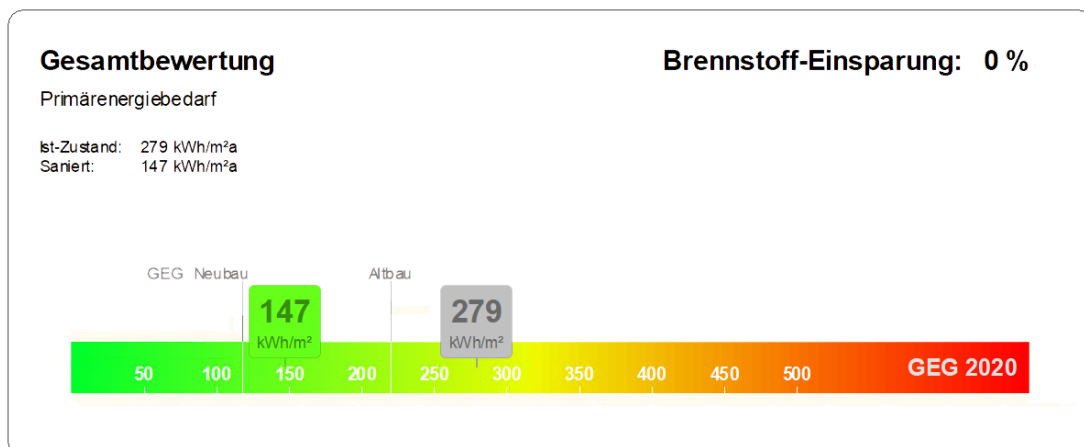


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Eine Wirtschaftlichkeits-Betrachtung wird für diese Maßnahme nicht durchgeführt, da die Investitionen der Heizungsumstellung bei dem Hauptgebäude anfallen (vgl. Beratungsbericht Hauptgebäude). 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: WARMWASSER-WÄRMEPUMPE

Die Warmwasser-Bereitung erfolgt aktuell über einen Wärmetauscher. Aufgrund der abgesenkten Vorlauftemperatur der Heizungsanlage (vgl. Beratungsbericht Hauptgebäude) empfiehlt es sich, anstatt des Wärmetauschers auf eine Warmwasser-Wärmepumpe zurückzugreifen. Diese Luft-Wärmepumpen können die Abwärme in dem Heizungsraum verwenden, um das Warmwasser kosten- und energiesparend bereitzustellen.

Eine Warmwasser-Wärmepumpe besteht aus einer Einheit, in der sich alle für den Wärmege-  
winnungsprozess wichtigen Komponenten befinden. Dazu gehören der Verdampfer, der Ver-  
dichter, der Verflüssiger und der Warmwasserspeicher (~300l).

Während des Betriebs nimmt die Warmwasser-Wärmepumpe die Wärme aus der Umluft oder der Abluft auf und führt sie zum Verdampfer. Darin befindet sich ein Kältemittel, das sich bereits bei niedriger Temperatur erwärmt und anschließend dampfförmig wird. Da die Temperatur des verdampften Kältemittels noch nicht hoch genug ist, um das Wasser zu erhitzen, erfolgt als Nächstes der Verdichtungsprozess. Dabei wird der Dampf an einen strombetriebenen Verdichter weitergeleitet, der ihn so lange komprimiert, bis die gewünschte Temperatur erreicht ist. Im letzten Schritt überträgt der erhitzte Kältemitteldampf seine thermische Energie auf den eingebauten Warmwasserspeicher, kühlt ab und kondensiert. Anschließend wird die Kältemittelflüssigkeit mit hohem Druck durch ein Expansionsventil entspannt, während es weiter stark abkühlt. Befindet sich das Kältemittel wieder in seinem Ausgangszustand, kann der Verdichtungsprozess von vorn beginnen.

Für eine genaue Dimensionierung fehlen konkrete Daten zum Warmwasser-Verbrauch in der Sporthalle. Daher sollte vor dieser Maßnahme genau geprüft werden, wieviel Warmwasser zu Spitzenzeiten benötigt wird. Eventuell muss eine weitere Wärmepumpe eingebaut werden, oder auf einen zusätzlichen, externen Speicher zurückgegriffen werden.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis (inkl. 25% Preis- steigerung seit 06.21)	Einheit	Summe [€]
Luft-Warmwasser-Wärmepumpen	10.000 / Stück *1,25	1 Stück	12.500
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>12.500</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
Luft-Warmwasser-Wärmepumpen	Wärmeerzeuger, Lieferung, Montage, Hilfsaggregate, thermische und elektrische Einbindung, Speicher, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung, Lohnkosten.

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

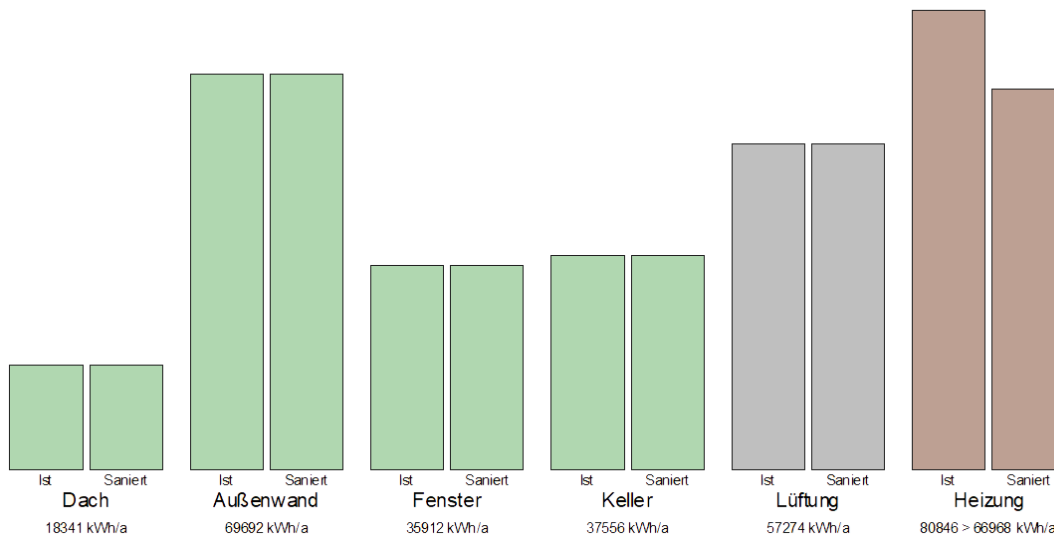
<b>Info</b>	Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, das erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung mit einem Anteil von mindestens 25 Prozent einbindet.
-------------	---

<b>Förderquote</b>	<i>Bis zu 25 % (kein Bonus von 5%, da Wärmequelle Luft)</i>
<b>Förderhöhe</b>	<i>Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)</i>
<b>Förderkreditbeitrag</b>	<i>Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m<sup>2</sup> NGF (max. 15 Mio. €)</i>

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss über 30% von 3.125 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 6 -

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 246.809 kWh/Jahr reduziert sich auf 232.189 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 14.620 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden lediglich um 3 kg CO<sub>2</sub>/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 272 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

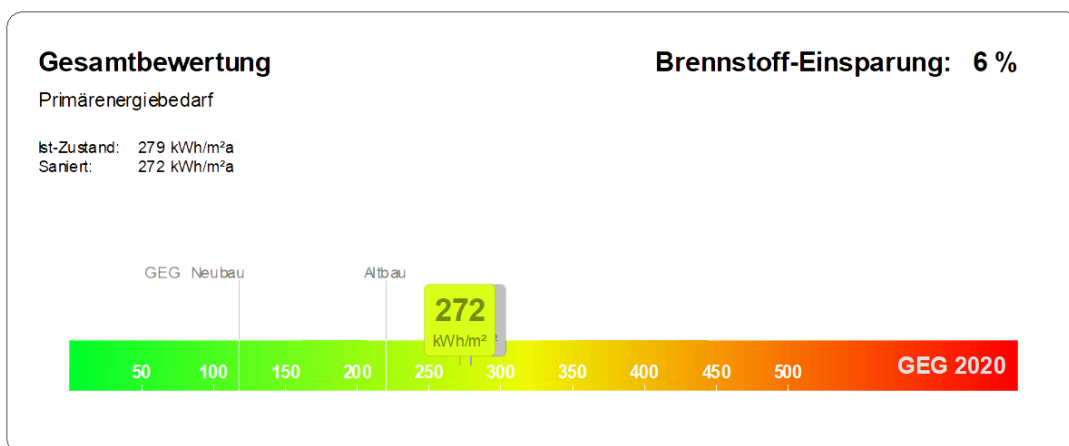


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6*

Gesamtinvestitionen	12.500 EUR
Mögliche Fördermittel	3.125 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 20 Einsparpotenzial, SV 6*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	840	840
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	22.290	109.517
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	23.130	110.357
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	20.746	114.543
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b><i>Keine Einsparung</i></b>	<b><i>4.186</i></b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>4</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 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 4 Jahren.

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.

#### 4.8 SV 7: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 - Fenster- und Türenaustausch

Var. 2 - Außenwand dämmen

Var. 3 - LED-Beleuchtung

Var. 4 - Lüftungsanlagen mit WRG

Var. 5 - Heizungsoptimierung

Var. 6 - regenerative Nahwärme

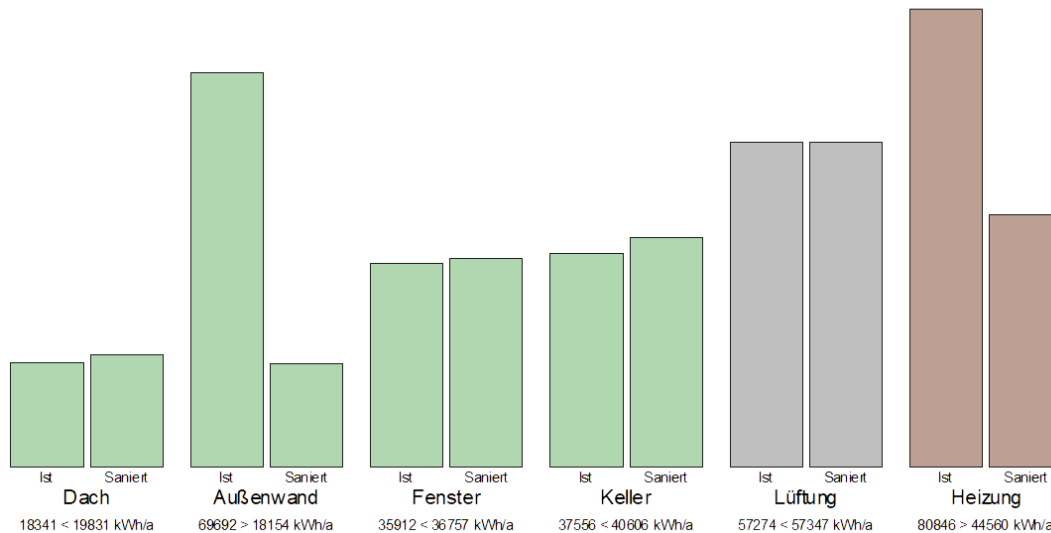
kombiniert.

Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann lediglich der Effizienzgebäude-Standard 100 EE erreicht werden (vgl. Kap. 4.8.1). Dieser wird aktuell nicht gefördert, daher entspricht die Gesamtförderung der Summe der Einzelförderungen.

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von **53.175 €** (Summe der Einzelförderungen) beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 6 -**

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 246.809 kWh/Jahr reduziert sich auf 180.238 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 66.571 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 30.447 kg CO<sub>2</sub>/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 119 kWh/m<sup>2</sup> 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.

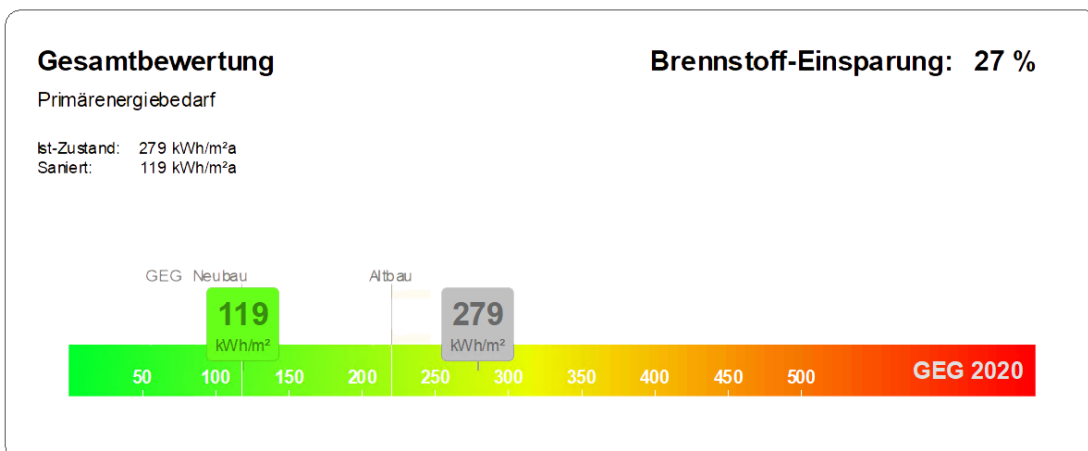


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	273.000 EUR
Mögliche Fördermittel	53.175 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 22 Einsparpotenzial, SV 7

	<b>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</b>	<b>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	13.928	13.928
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	20.147	101.286
<b>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</b>	<b>34.075</b>	<b>115.214</b>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	24.838	137.135
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>21.921</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>13</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. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 13 Jahren.

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.



## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremsen 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. Daher wird nachfolgend die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Maßnahmenkombination mit den neuen Preisen dargestellt.

Angenommener durchschnittlicher Gaspreis 2023	15 Cent / kWh
Angenommener durchschnittlicher Strompreis 2023	41 Cent / kWh
Resultierende Energiekosten IST-Zustand	42.589 € / Jahr
Resultierende Energiekosten Maßnahmenkombination	32.747 € / Jahr
<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung</b>	<b>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	13.928
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	58.423
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	72.351
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	75.981
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>3.630</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>25 Jahre</b>

#### 4.8.1 Effizienzgebäudebetrachtung

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Mit der Maßnahmenkombination soll der Effizienzgebäude-Standard 70 EE angestrebt werden. Dieser Standard wird, wie die nachfolgende Abbildung zeigt, bei der Umsetzung aller Maßnahmen nicht erreicht, da keiner der Kennzahlen die erforderlichen Werte unterschreiten. Dies liegt zum einen an der Bodenplatte und zum anderen an den Lichtkuppeln, die zwar relativ neu sind, den erforderlichen Wert aber trotzdem nicht unterschreiten. Ein Austausch der Lichtkuppeln scheint wenig sinnvoll, daher kann kein Effizienzgebäude-Standard 70 EE erreicht werden. Dieser würde aktuell eine Förderquote von 30% ermöglichen. Für den erreichten Effizienzgebäude-Standard 100 EE gibt es zurzeit keine Förderung.

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 Wärmerückgewinnung für die Aufenthalts-Zonen vorhanden sein. Dies ist bei der Sporthalle der Fall, daher könnte die EE-Klasse erreicht werden.

## GEG- und BEG-Anforderungen

### Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

#### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m²a	119,1	✔ 220,2	157,3	❌ 62,9	❌ 86,5	❌ 110,1	✔ 157,3	✔ 251,7
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m²K	0,27	✔ 0,56		❌ 0,18	❌ 0,22	❌ 0,26	✔ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m²K	0,90	✔ 2,66		✔ 1,00	✔ 1,20	✔ 1,40	✔ 1,80	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m²K	2,5	✔ 4,3		❌ 1,6	❌ 2,0	❌ 2,4	✔ 3,0	

#### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Wärmepumpen	14093	7,8
Fernwärme	131512	73,2

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

✔ EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 81,0%

## 5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Albert-Schweitzer-Schule in Cloppenburg. Im vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme der Sporthalle durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik simuliert sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 6 vorgeschlagen. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 17 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch nachträgliche Dämmung der Außenwände. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 15 % gesenkt werden.

Die größte Einsparung an Primärenergie gelingt durch die Umstellung der Wärmebereitung. Diese Maßnahme muss im Hauptgebäude der Schule erfolgen, würde aber 47% der Primärenergie der Sporthalle einsparen.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 27% bzw. an CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 45 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Hierdurch könnte außerdem der Effizienzgebäudestandard 100 EE erreicht werden.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem die anlagentechnischen Maßnahmen (SV4, SV5 und SV6), sowie die Dämmung der Außenwände (SV2) an.

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. 37 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.

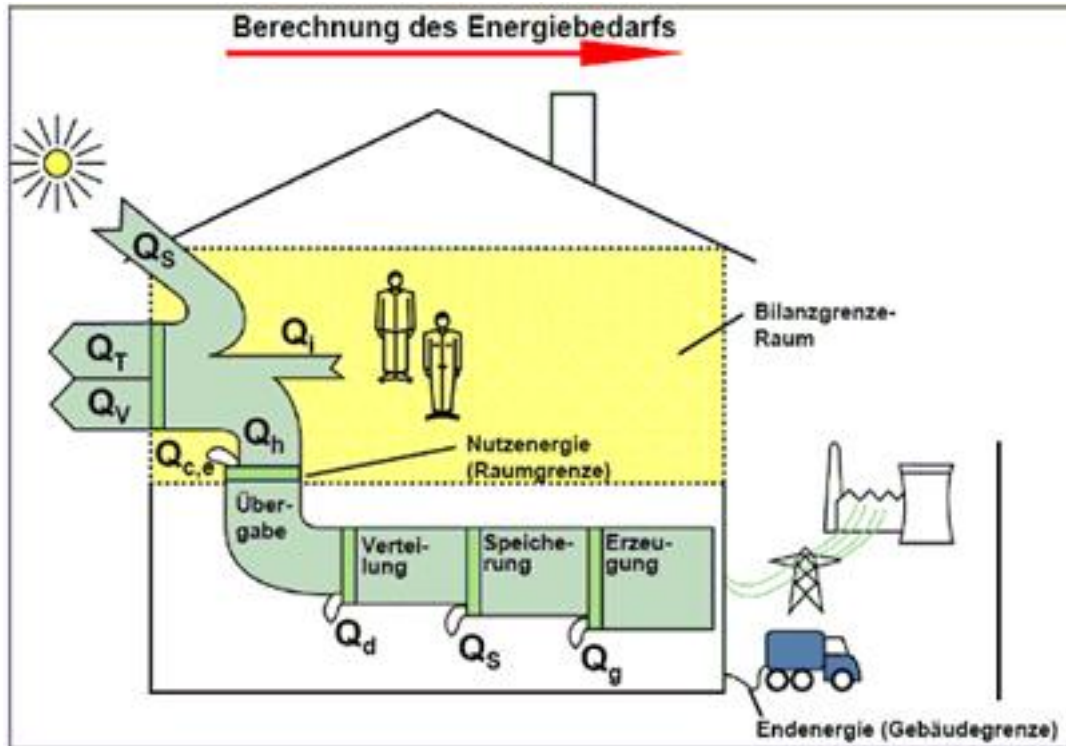


Abbildung 18 Berechnung des Energiebedarfs

### Nutzenergie

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

### Transmissionswärmeverluste $Q_T$

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

### Lüftungswärmeverluste $Q_V$

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

### Trinkwassererwärmung

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

### U-Wert (früher k-Wert)

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

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

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

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

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

### **Anlagenverluste**

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

### **Wärmebrücken**

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

### **Gebäudevolumen $V_e$**

Das beheizte Gebäudevolumen ist das anhand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder aber nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

### **Wärmeübertragende Umfassungsfläche $A$**

Die Wärmeübertragende Umfassungsfläche, auch Hüllfläche genannt, bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft, nicht beheizten Räumen und dem Erdreich. Sie besteht üblicherweise aus Außenwänden einschließlich Fenster und Türen, Kellerdecke, oberste Geschossdecke oder Dach. Diese Gebäudeteile sollten möglichst gut gedämmt sein, weil über sie die Wärme aus dem Rauminneren nach außen dringt.

### **Kompaktheit $A/V$**

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

#### **Gebäudenutzfläche $A_N$**

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

#### **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.