



**BERATUNGSBERICHT**  
zur energetischen Betrachtung  
von Nichtwohngebäuden

**FÜR DIE**  
**„SOESTE SCHULE“ IN BARBEL**

**Auftraggeber**  
Landkreis Cloppenburg  
Eschstraße 29  
49661 Cloppenburg

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

Greven, den 04. April 2023

*Christof Kattenbeck*



ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	4
TABELLENVERZEICHNIS .....	6
1 Einleitung .....	7
2 Zusammenfassung .....	8
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	8
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ .....	11
2.3 INVESTITIONSKOSTEN .....	13
3 Ausgangssituation.....	14
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES .....	14
3.2 FOTODOKUMENTATION .....	16
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG .....	17
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	21
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	21
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	22
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	23
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	25
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	25
3.7.1 Heizungsanlage.....	25
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	25
3.7.3 Beleuchtung .....	25
3.7.4 Lüftungstechnik.....	26
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	26
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	26
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand .....	27
3.8.3 Energiekosten .....	30
3.8.4 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	30
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	31
4 Sanierungsvarianten .....	32

4.1	ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	32
4.2	SV 1: KELLERDECKENDÄMMUNG .....	32
4.3	SV 2: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE .....	36
4.4	SV 3: PV-ANLAGE .....	41
4.5	SV 4: LED-BELEUCHTUNG .....	45
4.6	SV 5: FENSTER- UND AUßENTÜRENTAUSCH .....	49
4.7	SV 6: FLACHDACHDÄMMUNG .....	53
4.8	SV 7: AUßENWANDDÄMMUNG .....	57
4.9	SV 8: MAßNAHMENKOMBINATION .....	61
4.10	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG .....	65
5	Fazit .....	66
6	Anhang .....	67
A.1	GLOSSAR .....	67

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan.....	14
Abbildung 2 Außenansicht, Blickrichtung Nordosten .....	16
Abbildung 3 Außenansicht, Blickrichtung Osten.....	16
Abbildung 4 Außenansicht Anbau, Blickrichtung Nordosten .....	16
Abbildung 5 Aula.....	16
Abbildung 6 Gruppenraum .....	16
Abbildung 7 Gliederheizkörper .....	16
Abbildung 8 Leuchtstoffröhren.....	16
Abbildung 9 Dachraum, oberste Geschossdecke gedämmt.....	16
Abbildung 10 Durchlauferhitzer Aula.....	16
Abbildung 11 Elektro-Warmwasserspeicher Sanitärraum .....	16
Abbildung 12 Gasheizung mit Niedertemperaturkessel .....	16
Abbildung 13 Heizungspumpe .....	16
Abbildung 14 3D-Ansicht der Soeste Schule (Simulation) .....	17
Abbildung 15 3D-Ansicht der Soeste Schule, zониert (Simulation).....	17
Abbildung 16 Nutzungszonen nach DIN V 18599 .....	18
Abbildung 17 Grundriss Kellergeschoss, zониert.....	19
Abbildung 18 Grundriss Erdgeschoss, zониert .....	19
Abbildung 19 Grundriss Obergeschoss, zониert .....	20
Abbildung 20 Grundriss Dachgeschoss, zониert .....	20
Abbildung 21 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	22
Abbildung 22 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte .....	23
Abbildung 23 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste.....	28
Abbildung 24 Energiebilanz des Gebäudes .....	28
Abbildung 25 Gesamtbewertung des Gebäudes.....	29
Abbildung 26 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes .....	29
Abbildung 27 Kellerdecke ungedämmt .....	32
Abbildung 28 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1 .....	33
Abbildung 29 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 .....	34
Abbildung 30 Heizungsanlage.....	36
Abbildung 31 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2 .....	38
Abbildung 32 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	39
Abbildung 33 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage .....	41

Abbildung 34 Deckung des Gesamtverbrauchs .....	43
Abbildung 35 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 .....	47
Abbildung 36 Zweifach verglastes Fenster mit Holzrahmen .....	49
Abbildung 37 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5 .....	50
Abbildung 38 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	51
Abbildung 39 Flachdach Aula.....	53
Abbildung 40 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6 .....	54
Abbildung 41 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6 .....	55
Abbildung 42 Außenansicht Soeste Schule.....	57
Abbildung 43 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 7 .....	58
Abbildung 44 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7 .....	59
Abbildung 45 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 8 .....	62
Abbildung 46 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8 .....	62
Abbildung 47 Primärenergie.....	68

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	15
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung .....	18
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch .....	21
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	22
Tabelle 5 Gebäudekennwerte .....	24
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599 .....	26
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung .....	27
Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste .....	27
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger .....	30
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (Stand: 17.08.2022).....	30
Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie.....	30
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1 .....	34
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1 .....	35
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2 .....	39
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2 .....	40
Tabelle 16 PV-Anlage .....	42
Tabelle 17 Verbraucher .....	42
Tabelle 18 Batteriesystem .....	42
Tabelle 19 Autarkiegrad .....	43
Tabelle 20 Zahlungsübersicht .....	43
Tabelle 21 Vergütung und Einspeisung.....	44
Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4 .....	47
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 4 .....	47
Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5 .....	51
Tabelle 25 Einsparpotenzial, SV 5 .....	51
Tabelle 26 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6 .....	55
Tabelle 27 Einsparpotenzial, SV 6 .....	55
Tabelle 28 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7 .....	59
Tabelle 29 Einsparpotenzial, SV 7 .....	60
Tabelle 30 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8 .....	63
Tabelle 31 Einsparpotenzial, SV 8 .....	63
Tabelle 32 Kostenannahmen Preisbremse .....	64
Tabelle 33 Einsparpotenzial, SV 8 mit Preisbremse.....	64

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die Soeste Schule in Barßel wurde im Rahmen der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme, Modul 2: Energieberatung DIN V 18599 nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz für den Landkreis Cloppenburg erstellt.

Hierzu erfolgte eine Datenerhebung am Bestandsgebäude vor Ort und nach Plan. Die Bedarfsberechnung wurde in Anlehnung an die DIN V 18599 im Mehr-Zonen-Modell vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Ziel der Sanierungskonzeption sind sinnvolle Einzelmaßnahmen bzw. eine umfassende Sanierung zu einem Effizienzgebäude (EG). Die Kreisverwaltung Cloppenburg strebt an, bis zum Jahr 2035 treibhausgasneutral zu werden.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Die Grundlagen der jeweiligen Kostenangaben sind den einzelnen Sanierungsvarianten zu entnehmen. Zudem sollten die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig mit der Vergabestelle abgestimmt werden.

Die energetischen Berechnungen im vorliegenden Bericht wurden mit dem „ETU-Planer“ der Version 4.2.1.22(22) der Hottgenroth Software GmbH & Co. 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 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.3 - PV-Anlage

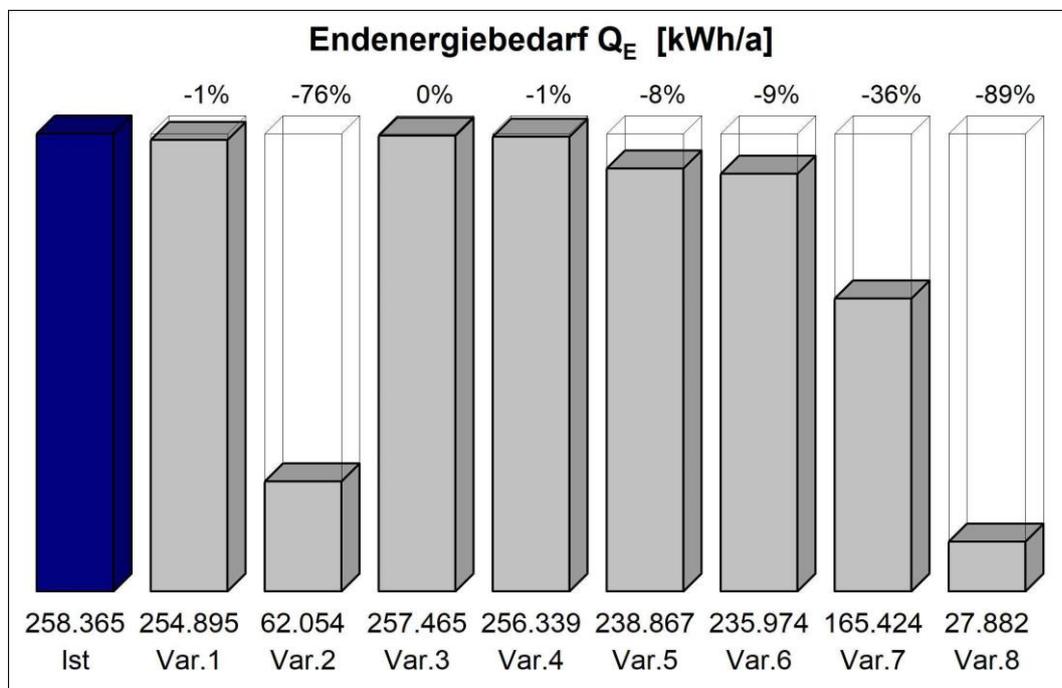
Var.4 - LED-Beleuchtung

Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - Flachdachdämmung

Var.7 - Außenwanddämmung

Var.8 - 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 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.3 - PV-Anlage

Var.4 - LED-Beleuchtung

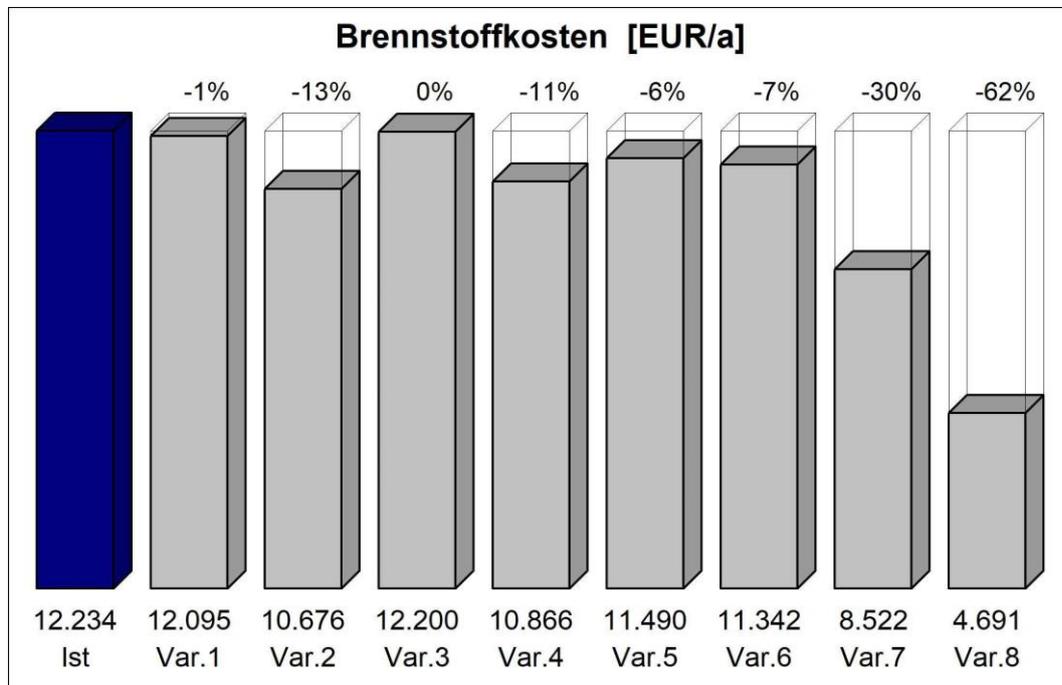
Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - Flachdachdämmung

Var.7 - Außenwanddämmung

Var.8 - Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



Ist-Zustand

Var.1 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.3 - PV-Anlage

Var.4 - LED-Beleuchtung

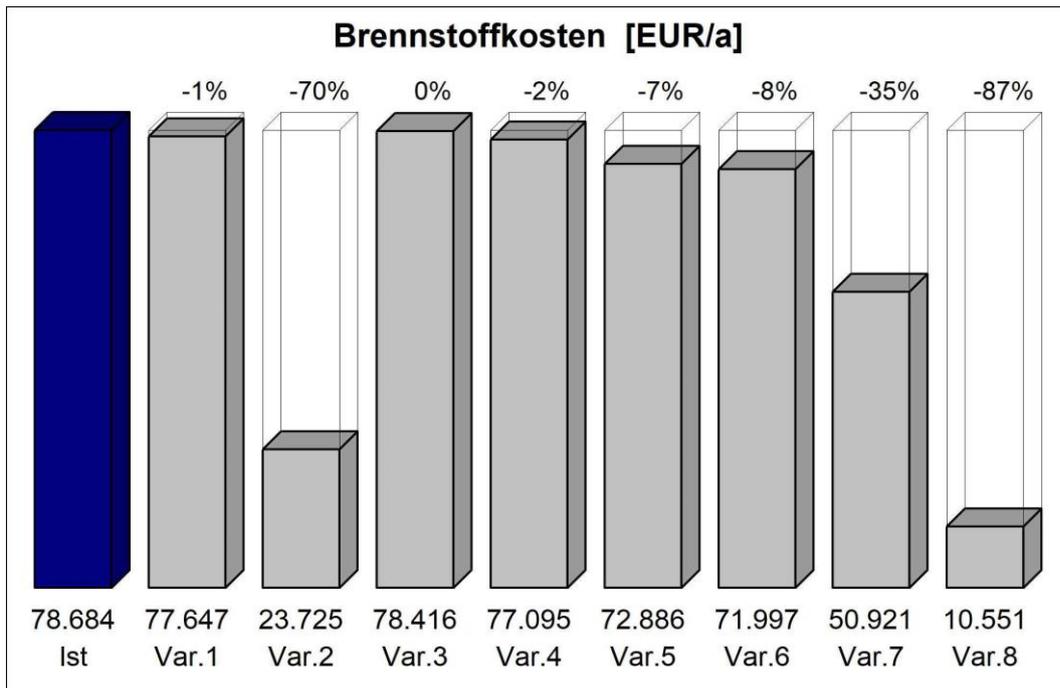
Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - Flachdachdämmung

Var.7 - Außenwanddämmung

Var.8 - Maßnahmenkombination

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 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.3 - PV-Anlage

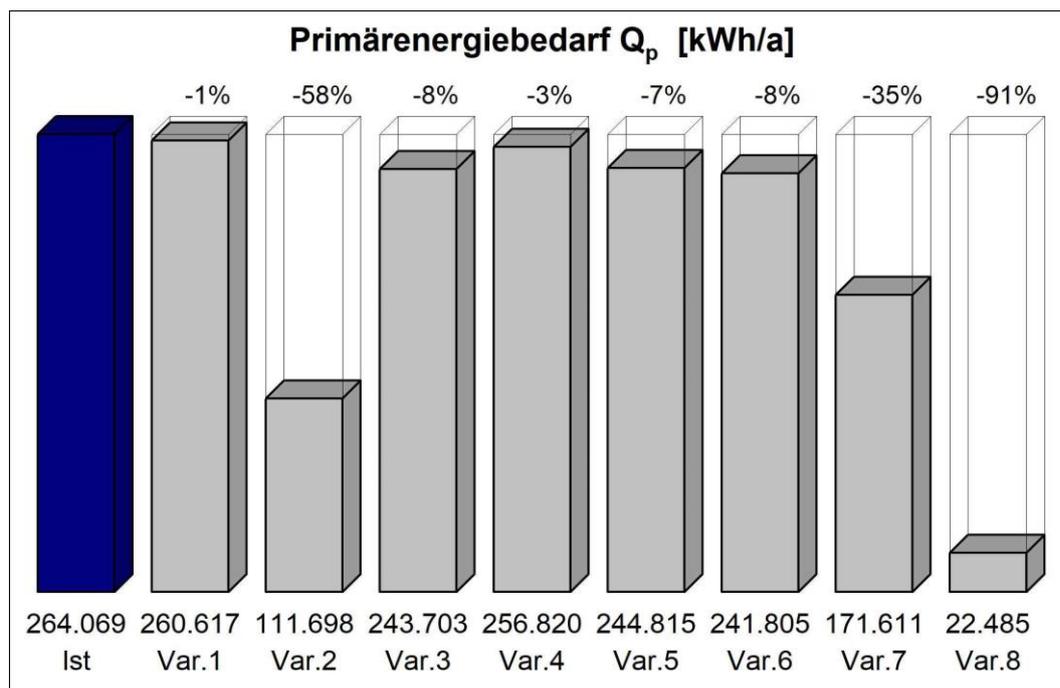
Var.4 - LED-Beleuchtung

Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - Flachdachdämmung

Var.7 - Außenwanddämmung

Var.8 - Maßnahmenkombination



Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden mithilfe der Emissionsfaktoren aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) Anlage 9 bzw. den vom Landkreis Cloppenburg angegebenen Emissionsfaktoren berechnet. Die Emissionsfaktoren werden dabei mit dem heizwertbezogenen Endenergiebedarf multipliziert. Der berechnete, auf den Brennwert (bei fossilen Energieträgern) bezogene Endenergiebedarf muss hierfür zunächst auf den Heizwert umgerechnet werden.

Ist-Zustand

Var.1 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.3 - PV-Anlage

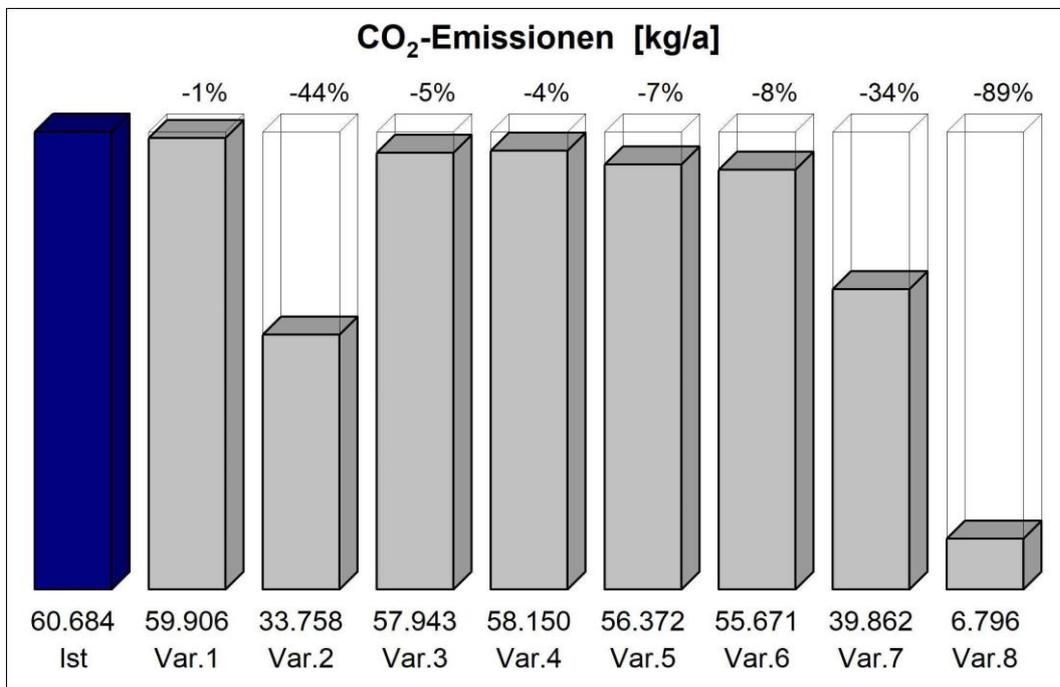
Var.4 - LED-Beleuchtung

Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - Flachdachdämmung

Var.7 - Außenwanddämmung

Var.8 - Maßnahmenkombination



## 2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt. Weiterhin werden die energiebedingten Mehrkosten, d. h. die Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen sowie die mittlere Kosteneinsparung pro Jahr dargestellt. In den Kapiteln der jeweiligen Sanierungsvarianten werden die betrachteten Leistungen und Kosten genauer aufgeführt.

Ist-Zustand

Var.1 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.3 - PV-Anlage

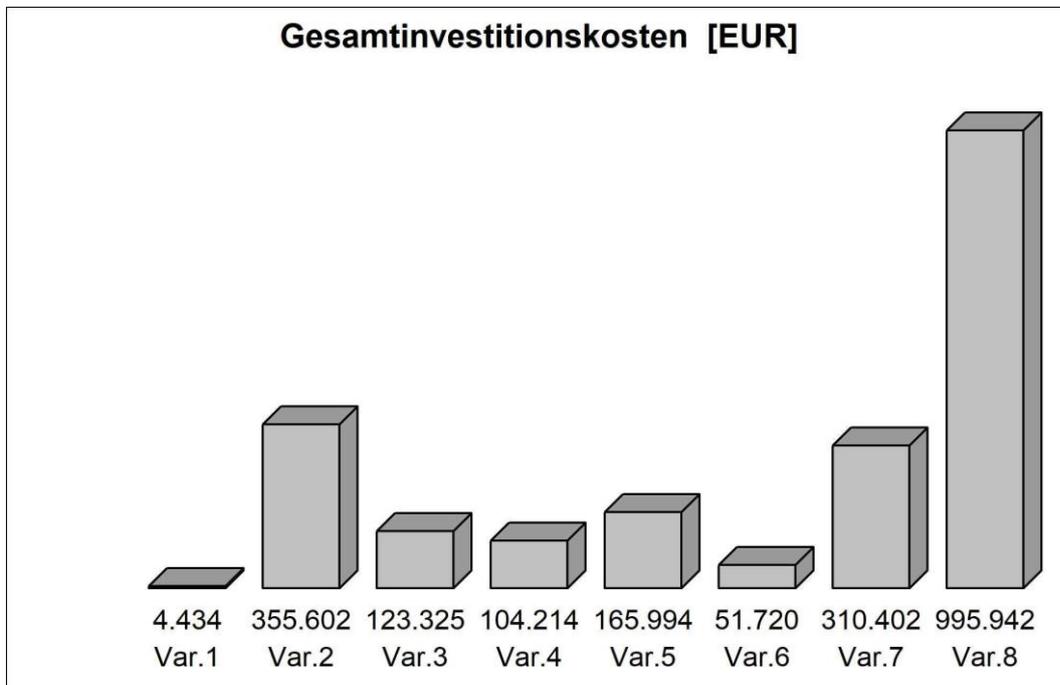
Var.4 - LED-Beleuchtung

Var.5 - Fenster- und Außentürentausch

Var.6 - Flachdachdämmung

Var.7 - Außenwanddämmung

Var.8 - Maßnahmenkombination



### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Soeste Schule liegt in der Hafenstraße 1 + 3 in 26676 Barßel (vgl. Abbildung 1). Das zweigeschossige Schulgebäude besteht aus drei Bauteilen. Die ehemalige Volksschule (blau hinterlegt in Abbildung 1) wurde vor 1930 errichtet. Im Jahr 1962 kann der erste teilunterkellerte Anbau (rot hinterlegt in Abbildung 1) an der südöstlichen Seite des Altbaus hinzu. Daran anschließend wurde im Jahr 1977 ein weiterer zweigeschossiger Bauteil mit je einem Klassenraum pro Etage angebaut (grün hinterlegt in vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1 Lageplan

NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbige. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 23.11.2022)

Entsprechend der Baujahre und des äußeren Erscheinungsbildes der Schule wird angenommen, dass die Außenwände aus einem zweischaligen Mauerwerk mit verklinkerter Fassade bestehen. Das Gebäude verfügt überwiegend über Satteldächer. Der Anbau aus dem Jahr 1977 (grün) sowie der Verbindungsbereich zwischen dem Altbau (blau) und dem ersten Anbau (rot) verfügen über Flachdächer.

Das Dachgeschoss des Altbaus (blau) ist nicht ausgebaut, unbeheizt und die oberste Geschosdecke ist mit einer Wärmedämmung in einer Stärke von ca. 18 cm belegt. Der östliche Bereich des Dachgeschosses des ersten Anbaus (rot) ist ausgebaut und wird als Abstellraum genutzt. Der übrige Dachraum ist nicht ausgebaut, unbeheizt und die oberste Geschosdecke ist mit einer Wärmedämmung in einer Stärke von ca. 12 cm belegt.

In der Schule sind zweifach verglaste Fenster mit Holzrahmen aus den 1980er bis 1990er Jahren vorhanden. Im Altbau sind teilweise Fenster aus dem Jahr 2005 eingebaut. Die Fenster im ersten Anbau stammen zum Teil aus dem Jahr 2014. Im Anbau aus dem Jahr 1977 wurden die Fenster in diesem Jahr gegen dreifach verglaste Fenster ausgetauscht. Bei den Außentüren handelt es sich um Holztüren mit einer zweifach Verglasung. Die Haupteingangstüren verfügen über einen Metallrahmen.

Es sind stabförmige Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten vorhanden. Einige Räume (u. a. Küche und Sekretariat) sind bereits mit einer LED-Beleuchtung ausgestattet.

Bei der Heizungsanlage des Gebäudes handelt es sich um eine Gasheizung mit einem Niederdruckkessel (Fröling ETM 200) aus dem Jahr 1993. mit einer Leistung von 200 kW. Die Warmwasserversorgung erfolgt über Durchlauferhitzer und elektrisch betriebene Warmwasserspeicher, welche sich direkt an den Abnahmestellen (z. B. Teeküche) befinden.

Tabelle 1 Allgemeine Daten

<b>Name/Bezeichnung</b>	<b>1.1.10 Soeste Schule</b>	
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude	
Straße, Hausnr.	Hafenstraße 1+3	
PLZ, Ort	26676 Barßel	
Baujahr	vor 1930 (nordwestlicher Bauteil) 1962 (südwestlicher Bauteil) 1977 (südöstlicher Bauteil)	
Nutzung	Förderschule	
Vollgeschosse	2	
Beheiztes Gebäudevolumen V		6.873,00 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche A <sub>NGF</sub>		1.728,42 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche		3.636,00 m <sup>2</sup>
Geschosshöhe	2,20 m (Kellergeschoss) 3,00 m - 3,50 (Erdgeschoss) 2,90 m - 3,20 m (Obergeschoss)	

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

### 3.2 FOTODOKUMENTATION

Die folgenden Abbildungen Abbildung 2 bis Abbildung 13 geben einen Eindruck von dem betrachteten Schulgebäude.



Abbildung 2 Außenansicht, Blickrichtung Nordosten

Abbildung 3 Außenansicht, Blickrichtung Osten

Abbildung 4 Außenansicht Anbau, Blickrichtung Nordosten



Abbildung 5 Aula

Abbildung 6 Gruppenraum

Abbildung 7 Gliederheizkörper



Abbildung 8 Leuchtstoffröhren

Abbildung 9 Dachraum, oberste Geschossdecke gedämmt

Abbildung 10 Durchlauferhitzer Aula



Abbildung 11 Elektro-Warmwasserspeicher Sanitärraum

Abbildung 12 Gasheizung mit Niedertemperaturkessel

Abbildung 13 Heizungspumpe

### 3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

Die folgende Abbildung 14 zeigt das simulierte Gebäude in einer 3D-Ansicht. In Abbildung 15 ist zudem die Zonierung des Gebäudes sichtbar, welche für die Erstellung der Energiebilanz nach DIN V 18599 gewählt wurde.

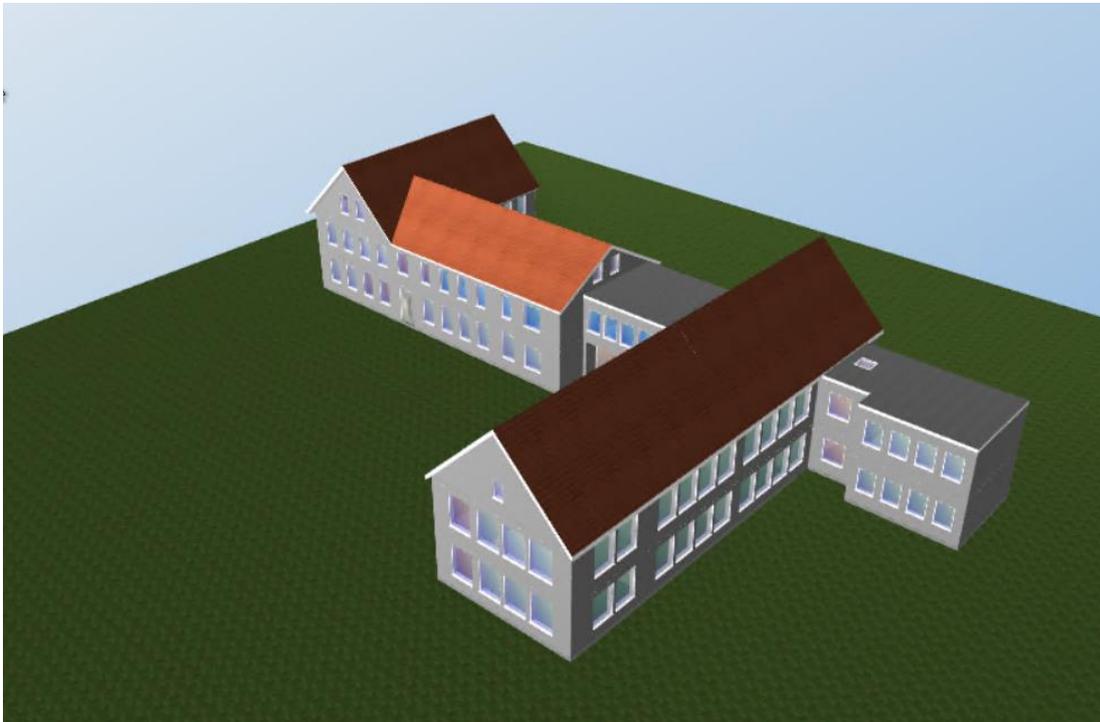


Abbildung 14 3D-Ansicht der Soeste Schule (Simulation)

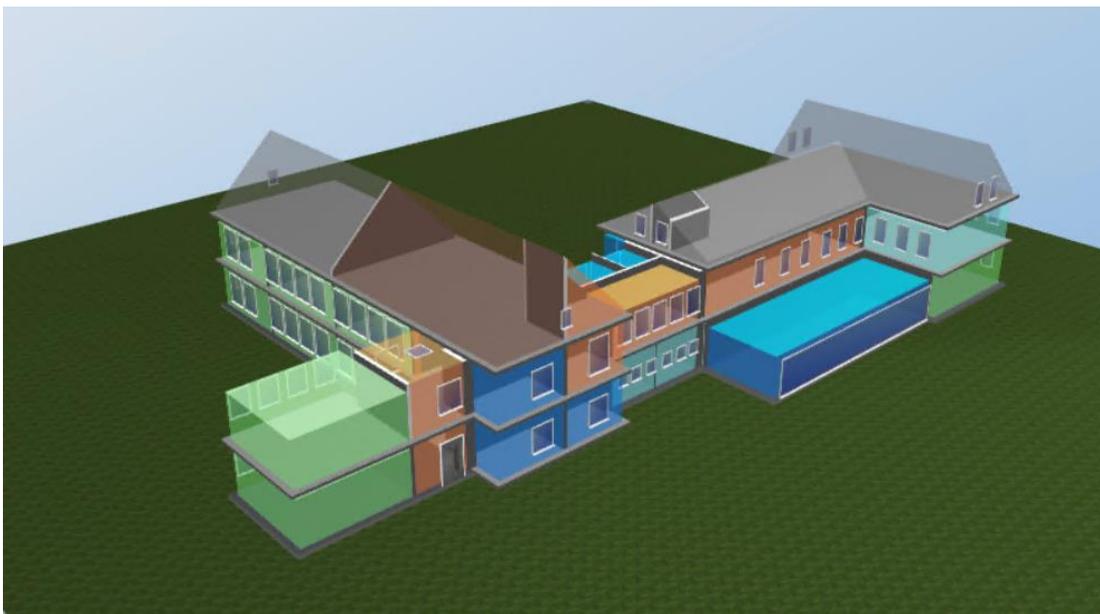


Abbildung 15 3D-Ansicht der Soeste Schule, zonierte (Simulation)

Die gewählten Nutzungsprofile sowie die Art der Konditionierung und die Größe der einzelnen Zonen können der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Konditionierung			Größe [m <sup>2</sup> ]	Anteilige Größe der Zone [%]
	Nutzungsprofil Nr.	Thermische Konditionierung	Beleuchtung		
Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	8	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	676	39,1
Verkehrsfläche	19	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	423	24,5
WC und Sanitärräume in NWG	16	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG, LED	132	7,6
Sonstige Aufenthaltsräume	17	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG, LED	247	14,3
Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	18	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	250	14,5
Summe				1.728	100
unbeheizt				564	

Die Zonierung im Grundriss sowie die Legende, der die Farbgebung der Zonen zu entnehmen ist, sind in den Abbildungen Abbildung 16 bis Abbildung 20 dargestellt.

Zonen nach DIN V 18599	
<span style="color: green;">■</span>	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
<span style="color: orange;">■</span>	Verkehrsfläche
<span style="color: cyan;">■</span>	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
<span style="color: blue;">■</span>	Sonstige Aufenthaltsräume
<span style="color: brown;">■</span>	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume
<span style="color: gray;">■</span>	unbeheizt

Abbildung 16 Nutzungszonen nach DIN V 18599



Abbildung 17 Grundriss Kellergeschoss, zониert

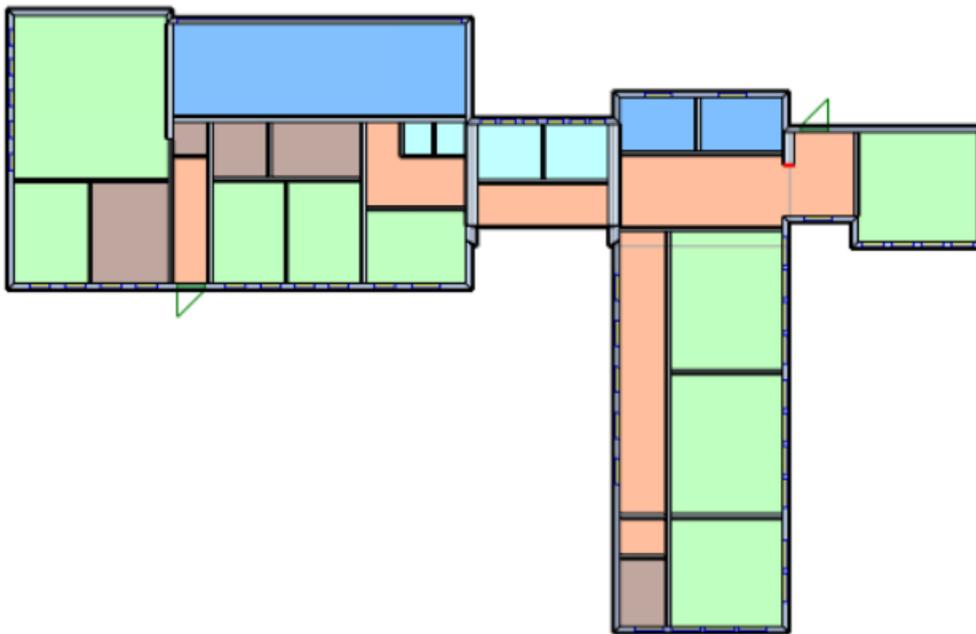


Abbildung 18 Grundriss Erdgeschoss, zониert

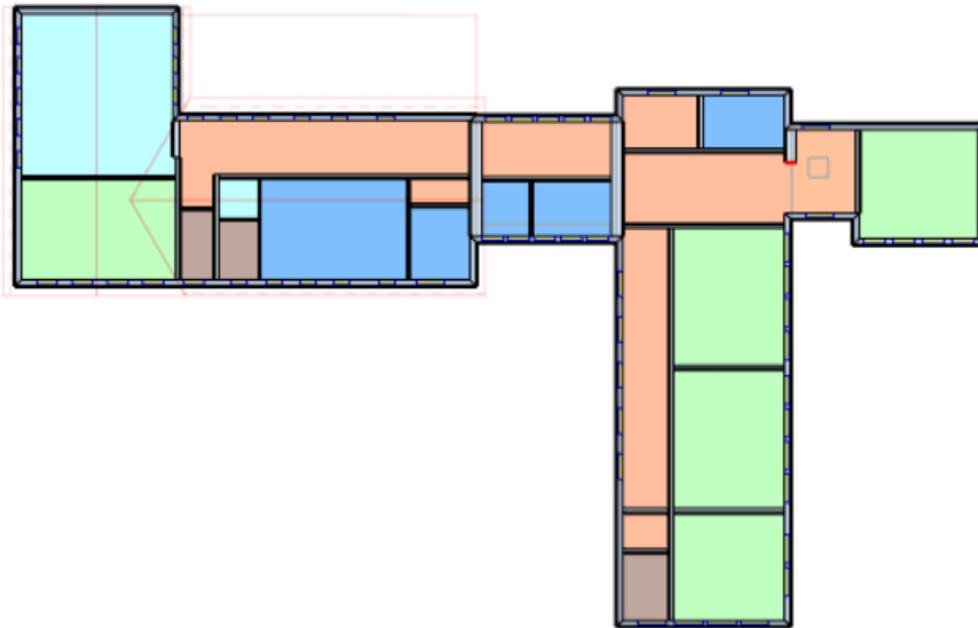


Abbildung 19 Grundriss Obergeschoss, zониert

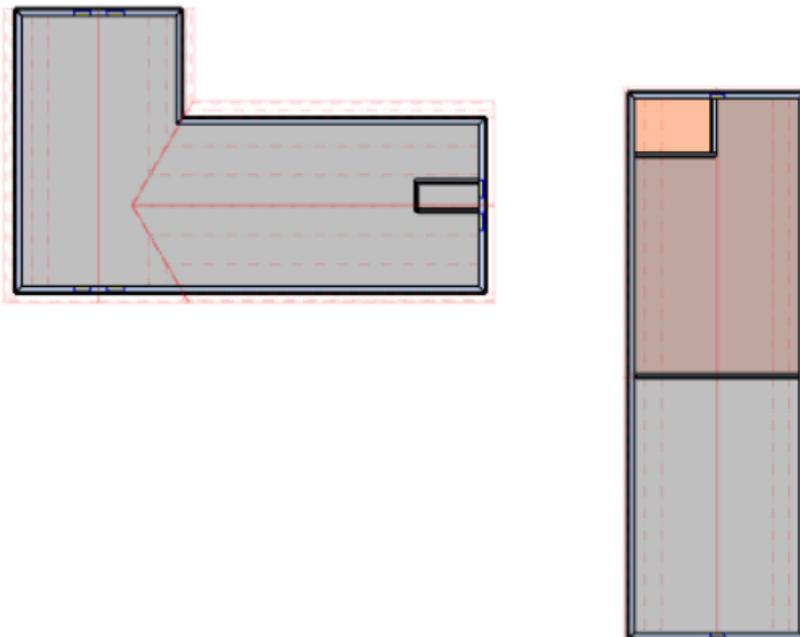


Abbildung 20 Grundriss Dachgeschoss, zониert

### 3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

#### 3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude.

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 2014 bis 2018 für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Informationen zu den Verbräuchen für die Jahre 2019 bis 2022 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht vor.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	178.756	180.333	172.668	191.634	208.446	<b>186.367</b>
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,18	1,08	1,07	1,10	1,14	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	211.336	193.996	184.282	211.094	237.194	<b>207.580</b>
Strom [kWh/a]	17.672	17.463	19.549	19.985	21.881	<b>19.310</b>
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	229.008	211.459	203.831	231.079	259.075	<b>226.890</b>
Wasser [m <sup>3</sup> /a]	134	131	167	193	188	<b>163</b>

Die Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft über den zu Verfügung stehenden Zeitraum von 2014 bis 2018 ist in Abbildung 21 grafisch dargestellt.

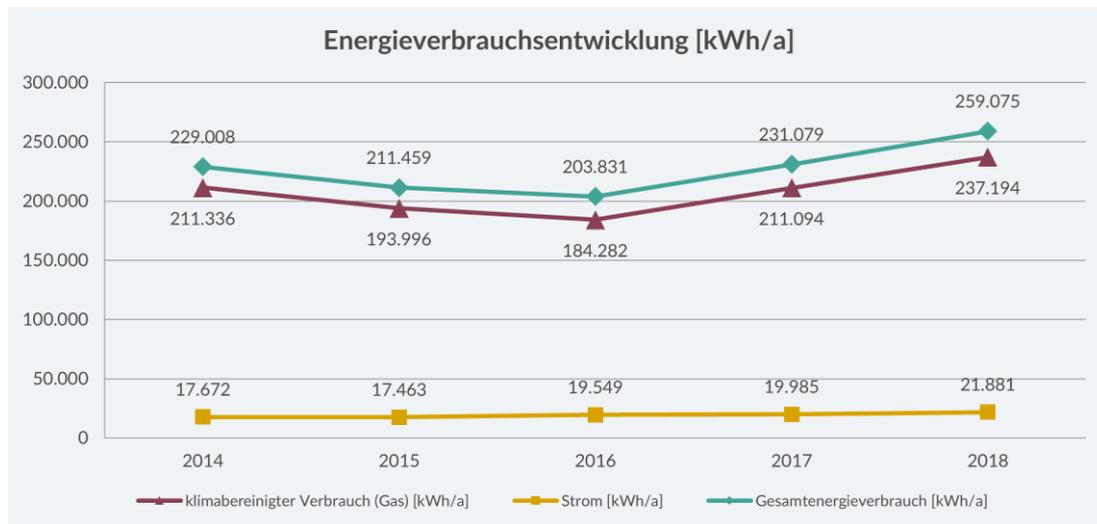


Abbildung 21 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

Der Gasverbrauch ist zwischen 2014 und 2016 deutlich, von knapp 210.000 kWh auf ca. 184.000 kWh, d. h. um ca. 27.000 kWh gesunken. Bis 2018 stieg der Gasverbrauch wieder über das Ausgangsniveau hinaus bis auf ca. 237.000 kWh, d. h. um ca. 26.000 kWh an. Über den betrachteten Zeitraum von 2014 bis 2018 ist der Stromverbrauch nahezu stetig von ca. 18.000 kWh bis auf ca. 22.000 kWh, d. h. um ca. 4.200 kWh gestiegen.

### 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 der Schule mit 1.728 m<sup>2</sup>. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>2</sup>

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Energieträger	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	11	13
Wärme	56	120	97
Wasser	64	94	145

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

<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)

Als Orientierung zur Einstufung von Verbrauchswerten in den verschiedenen Medienbereichen (Strom, Wärme, Wasser) werden zunächst statistische Erhebungen über Energieverbräuche und Energiekosten herangezogen. Die nachfolgende Abbildung 22 stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser dar.

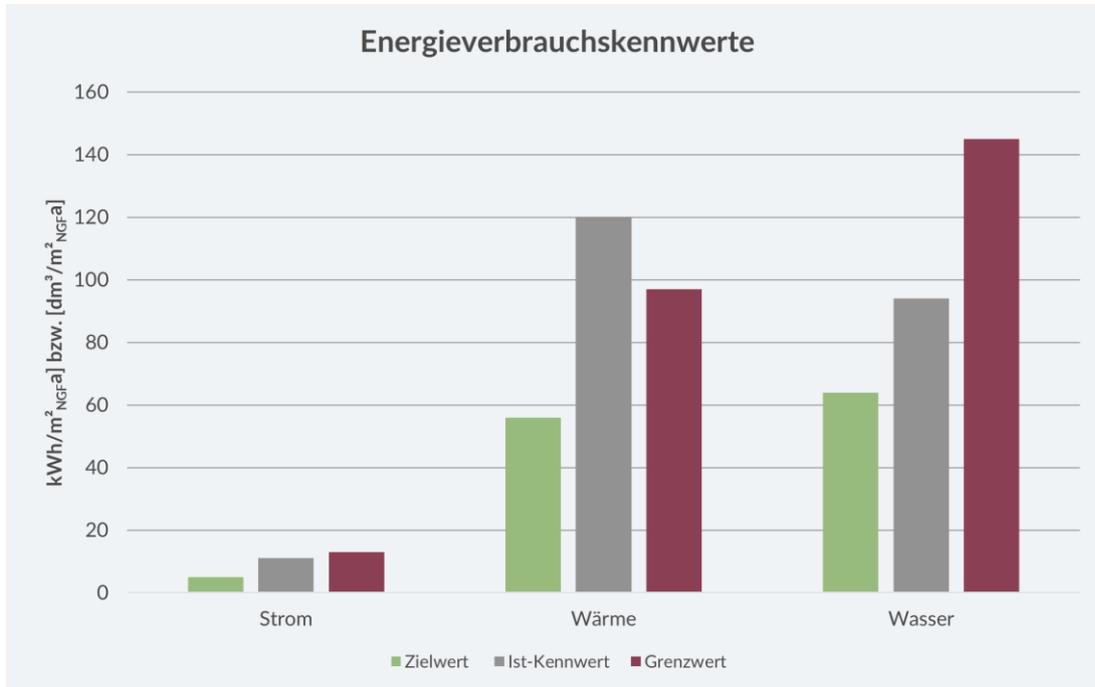


Abbildung 22 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wasser liegen zwischen den jeweiligen Ziel- und Grenzwerten. Der Kennwert für Wärme liegt hingegen deutlich über dem Vergleichsgrenzwert. Eine Verbesserung der thermischen Gebäudehülle sowie die Erneuerung der Heizungsanlage könnte den Kennwert in Richtung des Zielwertes senken.

### 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 getroffener 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.

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

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten Bestandsdaten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte

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

nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) und der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM) mit angegeben<sup>4</sup>.

Tabelle 5 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	Ist-Zustand	GEG <sup>5</sup>	BEG-Förderung <sup>6</sup>
<i>Bauteilgruppe: Bodenflächen gegen unbeheizt</i>			
<b>Bodenplatte gegen Erdreich (vor 1930)</b>	<b>1,60</b>		
<b>Bodenplatte gegen Erdreich (1962/1977)</b>	<b>1,20</b>	0,30	0,25
<b>Bodenplatte gegen Keller (1962)</b>	<b>1,00</b>		
<i>Bauteilgruppe: Außenwand</i>			
<b>Außenwände (vor 1930)</b>	<b>1,30</b>		
<b>Außenwände (1962)</b>	<b>1,40</b>	0,24	0,20
<b>Außenwände (1977)</b>	<b>1,00</b>		
<i>Bauteilgruppe: Dachflächen, Decken gegen unbeheizte Räume</i>			
<b>Satteldach (vor 1930/1962), nicht ausgebauter Dachraum</b>	<b>1,40</b>		
<b>Oberste Geschossdecke (vor 1930/1962), nicht ausgebauter Dachraum, gedämmt</b>	<b>0,20</b>	0,20	0,14
<b>Satteldach (1962) ausgebauter Dachraum</b>	<b>0,20</b>		
<b>Flachdach (1962/1977)</b>	<b>1,30</b>		
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
<b>Fenster, zweifach verglast (1980er/1990er)</b>	<b>2,70/3,20</b>		
<b>Fenster, zweifach verglast (2005)</b>	<b>1,60</b>	1,30	0,95
<b>Fenster, zweifach verglast (2014)</b>	<b>1,30</b>		
<b>Fenster, dreifach verglast (2022)</b>	<b>1,30</b>		
<b>Lichtkuppel</b>	<b>2,70</b>	1,40	1,00
<i>Bauteilgruppe: Außentüren</i>			
<b>Außentüren</b>	<b>2,90</b>	1,80	1,30

<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 Dezember 2022 können jederzeit aktualisiert werden.

### 3.6 WÄRMEBRÜCKEN

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

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

### 3.7 ANLAGENTECHNIK

#### 3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung	<i>Fröling ETM 200</i>
	<i>Niedertemperaturkessel</i>
	<i>Baujahr: 1993</i>
	<i>Nennleistung: 200 kW</i>
	<i>Energieträger: Erdgas</i>
	<i>Verteilung als Zweirohrheizung</i>
	<i>Kein hydraulischer Abgleich</i>
	<i>Leitungen im unbeheizten Keller gedämmt (Verteilleitungen)</i>
	<i>Umwälzpumpe teilgeregelt</i>
	<i>Übergabe an alle Zonen über Heizkörper (i. d. R. Gliederheizkörper)</i>

#### 3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt dezentral an den jeweiligen Abnahmestellen über Durchlauferhitzer oder Elektro-Warmwasserspeicher. Der Verbrauch wird als gering angenommen und kann gem. DIN V 18599-10 Tabelle 6 vernachlässigt werden, wenn der Nutzenergiebedarf für die Warmwasserbereitung unter 0,2 kWh pro Person liegt.

#### 3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung der Räume in der Soeste Schule erfolgt über Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG). In einigen Räumen (u. a. Küche und Sekretariat) ist bereits LED-Beleuchtung vorhanden. 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

Eine Lüftung findet in jedem 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.

Eine zentrale Lüftungsanlage ist in der Soeste Schule nicht vorhanden. Einzelne innenliegende WC-Räume sind mit dezentralen Abluftanlagen ausgestattet.

## 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 V 18599.

Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599

<b>Endenergiebedarfskennwerte<sup>7</sup> des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
Heizung	294,26
Beleuchtung	5,32

**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.

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

Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

<b>Endenergiebedarfskennwerte<sup>8</sup> des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
Heizung	144,55
Beleuchtung	4,93

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

**Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der an die tatsächliche Nutzung angepasste Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.**

### 3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss der vorhandene Energieverbrauch beurteilt werden. 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

<b>Verluste</b>	<b>jährlich [kWh/a]</b>	<b>anteilig [%]</b>
<b>Transmissionsverluste</b>		
Dach	26.487	14,6
Außenwand	87.642	48,3
Fenster	40.866	22,4
Keller/Erdreich	26.614	14,7
<b>Gesamt</b>	<b>181.609</b>	<b>100,0</b>
<b>Lüftungsverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>35.580</b>	<b>100,0</b>
<b>Anlagenverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>94.527</b>	<b>100,0</b>

<sup>8</sup> siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

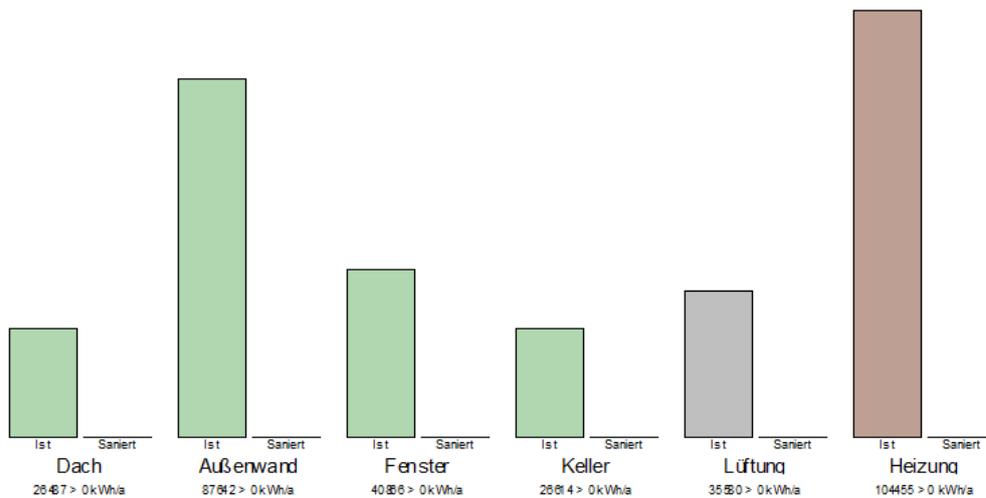


Abbildung 23 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

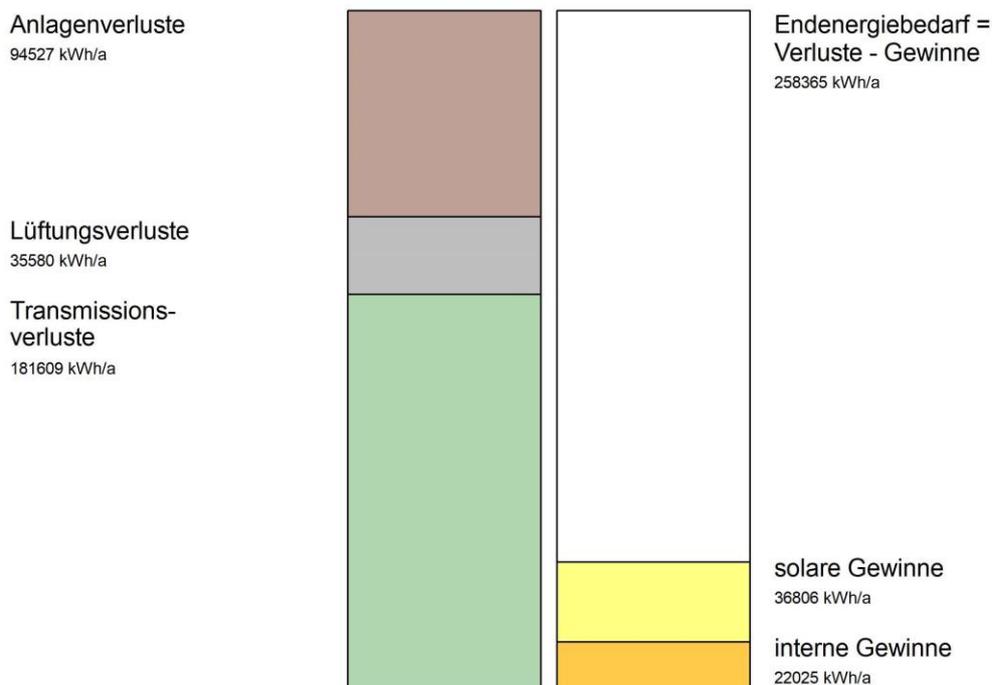


Abbildung 24 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser ca. 153 kWh/m<sup>2</sup>a.



Abbildung 25 Gesamtbewertung des Gebäudes

Der energetische Ist-Zustand der Soeste Schule ist dem Baualter entsprechend mittelmäßig. Die nachfolgende Abbildung 26 zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf  $Q_p$  [kWh/m<sup>2</sup>a], den mittleren U-Wert opaker Bauteile [W/m<sup>2</sup>K] und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile [W/m<sup>2</sup>K]. 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 <sup>2</sup> a	302,4	☐ 170,7	121,9	☐ 48,8	☐ 67,0	☐ 85,3	☐ 121,9	☐ 195,0
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,83	☐ 0,56		☐ 0,18	☐ 0,22	☐ 0,26	☐ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	1,9	☑ 2,7		☐ 1,0	☐ 1,2	☐ 1,4	☐ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	2,9	☑ 4,3		☐ 1,6	☐ 2,0	☐ 2,4	☑ 3,0	

\* EH 100 für Bestandsgebäude wurde nur bis zum 28.07.2022 gefördert.

Abbildung 26 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes

Aus Abbildung 26 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.

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.

Die in den Abrechnungen enthaltenen Energiekosten sind deutlich niedriger als aktuelle, ortsübliche Tarife. Daher wurden ergänzend die in Tabelle 10 dargestellten Werte aus aktuellen Tarifen festgelegt. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (Stand: 17.08.2022)

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

**Anmerkung:** Alle 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 [%]	3,0
jährliche Preissteigerung [%]	4,0
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

**Anmerkung:** Der Zinssatz wurde in Absprache mit dem Landkreis Cloppenburg festgelegt.

### 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.

Dies sorgt dafür, dass Gas in der Zukunft ein immer unattraktiverer Energieträger wird, und Gebäude vermehrt durch andere Energieträger beheizt werden sollten.

### 3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

Für die Ermittlung der Sanierungskosten wurden zum einen die Richtpreise der Hersteller und zum anderen die Preise aus Referenzprojekten hinterlegt. Demnach sollte der Landkreis vor Projektbeginn mehrere Vergleichsangebote einholen. Zudem sollte der Landkreis Cloppenburg mit der Vergabestelle die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig abstimmen.

In den Investitionskosten (brutto) sind auch die Kosten für kleinere Nebenarbeiten enthalten. Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten nicht 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 - Kellerdeckendämmung
- Var. 2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe
- Var. 3 - PV-Anlage
- Var. 4 - LED-Beleuchtung
- Var. 5 - Fenster- und Außentürentausch
- Var. 6 - Flachdachdämmung
- Var. 7 - Außenwanddämmung
- Var. 8 - Maßnahmenkombination

#### **Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die Umsetzung aller vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 100 EE erreicht werden (vgl. Kap. 4.10).

### 4.2 SV 1: KELLERDECKENDÄMMUNG

Der erste Anbau der Soeste Schule, welcher im Jahr 1962 errichtet wurde, ist teilunterkellert. Die massive Kellerdecke ist ungedämmt (vgl. Abbildung 27).

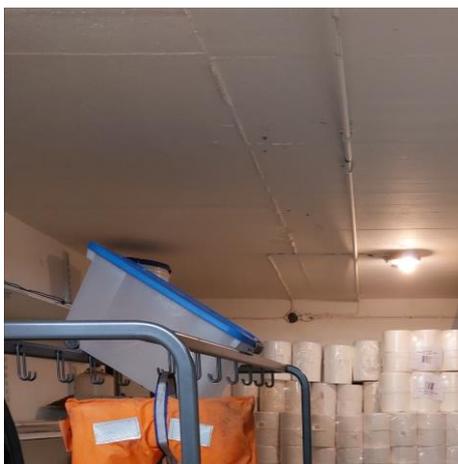


Abbildung 27 Kellerdecke ungedämmt

Die Kellerdecke wird in dieser Sanierungsvariante nachträglich gedämmt. Die Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) liegen bei einem U-Wert  $\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um diesen U-Wert zu erreichen wäre die Anbringung eines Wärmedämmstoffs mit einer Stärke von ca. 8 cm mit der Wärmeleitgruppe 035 erforderlich. Eine BEG-Förderung setzt einen U-Wert von Böden gegen unbeheizte Räume von  $\leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  voraus. In der Simulation werden die Anforderungen der Förderrichtlinie zur BEG EM angenommen. Um diesen U-Wert zu erreichen wäre eine nachträgliche Dämmung der Kellerdecke mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 032 in einer Stärke von ca. 10 cm erforderlich.

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

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Summe [€]
<b>Kellerdeckendämmung</b>	44	100,77	4.433,67
<b>Enthaltene Leistungen</b>	Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, Vorbereitung des Untergrundes, Anbringung Dämmmaterial, Befestigungen, Anschlüsse, Lohnkosten		

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

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

#### BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

<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 665 € beantragt werden.

#### Energieeinsparung - Variante 1 -

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

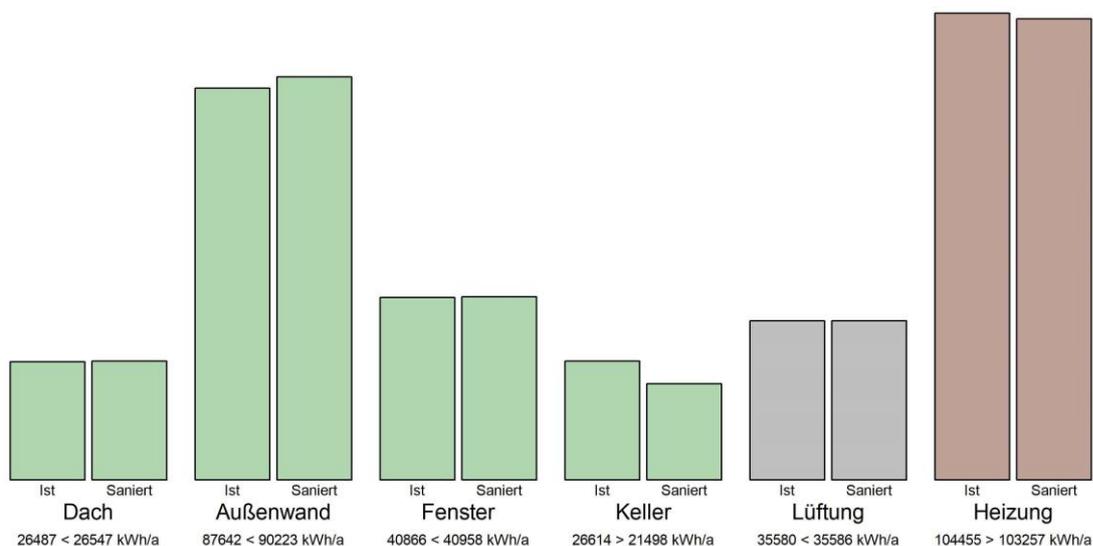


Abbildung 28 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 258.365 kWh/Jahr reduziert sich auf 254.895 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.470 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 777 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 151 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.

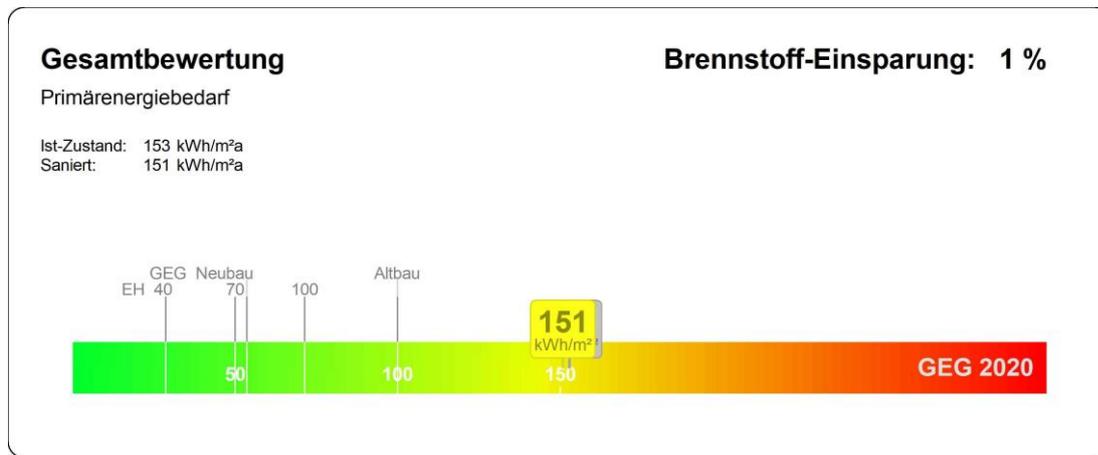


Abbildung 29 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	4.434 EUR
Mögliche Fördermittel	665 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>4.434 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 13 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. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1

	<i>mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	226	226
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	21.579	138.528
<i>Summe</i>	21.805	138.754
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	21.826	140.377
<b><i>Einsparung</i></b>	<b>21</b>	<b>1.623</b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b>28 Jahre</b>	<b>5 Jahre</b>

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

### 4.3 SV 2: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE

Die Soeste Schule wird über eine Gasheizung mit Niedertemperaturkessel (Fröling ETM 200) aus dem Jahr 1993 mit einer Leistung von 200 kW mit Wärme versorgt (vgl. Abbildung 30).



Abbildung 30 Heizungsanlage

Die vorhandene Heizungsanlage wird durch eine Wärmepumpe ersetzt. Aufgrund des hohen Energiebedarfs des Gebäudes und der begrenzten Platzverhältnisse wird der Einsatz einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Tiefensonden empfohlen. Diese 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.

Die Dimensionierung (Anzahl und Tiefe) der Sonden hängt maßgeblich von der Leistung der Wärmepumpe und den Randbedingungen des Standorts ab. Nach der Themenkarte „Geothermie“ des NIBIS® Kartenserver (2021) sind für die Nutzung von Sonden im Bereich der Soeste Schule keine Einschränkungen bekannt (abgerufen am 23.11.2022). Das vorliegende

Grundstück der Soeste Schule liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten ([https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/Themenkarte „Hydrologie“](https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/Themenkarte_„Hydrologie“), abgerufen am 24.11.2022). Die einzelnen Sonden sollten mindestens einen Abstand von 6 m zueinander haben, um eine gegenseitige thermische Beeinflussung der Sonden zu vermeiden.

Für die Dimensionierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe und die Umsetzung dieser Maßnahme ist ein Fachplanungsbüro hinzuzuziehen. Darüber hinaus wird empfohlen, einen Thermal Response Test (TRT) durchzuführen, mit dem die erforderlichen Untergrundparameter zur Dimensionierung einer Erdwärmeanlage ermittelt werden können.

Als Alternative zur Nutzung von Tiefensonden, kann ein Eisspeicher zur Ausführung kommen. Ein Eisspeicher besteht aus einer wassergefüllten Zisterne, die vollständig unterirdisch eingebaut wird. Die Zisterne selbst besteht meist aus Beton und ist nicht isoliert. Die Wärmepumpe entzieht dem Wasser in der Zisterne die enthaltene Wärme bis es vollständig gefroren ist. Die Regeneration (Auftauen) des Speichers erfolgt im Wesentlichen über das umgebende Erdreich. Aber auch andere (Ab-)Wärmequellen können hierfür genutzt werden.

In der Simulation dieser Sanierungsmaßnahme wurde eine Wärmepumpe mit einer Leistung von ca. 135 kW vorgesehen. Alternativ können auch mehrere Wärmepumpen mit einer niedrigeren Leistung eingesetzt werden. Die Vorlauftemperatur wurde mit 55°C angenommen. Hierdurch können bis zu 90 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Aus der Kälteleistung der simulierten Wärmepumpe (ca. 106 kW) und der am Standort angenommenen Wärmeentzugsleistung des Bodens (ca. 55 W/m, für wassergesättigten Sand) wurde ermittelt, dass überschlägig 20 Sonden mit einer Tiefe von 100 m erforderlich wären.

Wärmepumpen laufen effizienter, je niedriger die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage eingestellt wird. In der Schule sind überwiegend Gliederheizkörper verbaut, welche bei niedrigen Vorlauftemperaturen erfahrungsgemäß keine ausreichende Wärmeabgabe ermöglichen, um die erforderlichen Raumtemperaturen zu erreichen. In der Sanierungsvariante wurde daher angenommen, dass die Heizkörper gegen größere Heizflächen ausgetauscht werden. Alternativ wäre auch der Einbau einer Deckenheizung in einer abgehängten Decke

möglich. Hier würden dann Vorlauftemperaturen zwischen 26°C und 38°C ausreichen. Die Kosten für eine Deckenheizung können auf bis zu 200 - 300 €/m<sup>2</sup> geschätzt werden. Zudem könnte der Einbau einer Deckenheizung mit dem Einbau von LED-Beleuchtung verbunden werden (Variante 4).

Da die Wärmepumpe einen erhöhten Strombedarf hat, kann diese Maßnahme sinnvoll mit der Installation einer PV-Anlage kombiniert werden (Variante 3).

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

<b>Kostenannahmen Heizungstausch</b>			
	<b>Preisermittlung</b>	<b>Bezugsgröße</b>	<b>Summe [€]</b>
<b>Sole-Wasser-Wärmepumpe</b>	$(520 * \text{Leistung} + 8.850) * 1,25$	135,30 kW	99.008
<b>Tiefensonden</b>	$(75 * \text{Länge} + 630) * 1,25$	1.935 m	182.194
<b>Neue Heizkörper</b>	420 EUR/Stück	ca. 100 Stück	42.000
<b>Einbau intelligente Einzelraumregelung</b>	$(15 * \text{Fläche}) * 1,25$	1.728 m <sup>2</sup>	32.400
<b>Summe</b>			<b>355.602</b>

**Anmerkung:** Die Preise für die Wärmepumpe, die Tiefensonden und den Einbau der Einzelraumregelung 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. Die Preise für die neuen Heizkörper stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV).

Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

<b>Maßnahme</b>	<b>Enthaltene Leistung</b>
<b>Sole-Wasser-Wärmepumpe</b>	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.
<b>Tiefensonden</b>	Lieferung und Montage der Erdsonden, Durchführung der Bohrarbeiten, Hilfsaggregate, Anschluss an die Wärmepumpe, Inbetriebnahme, Lohnkosten.
<b>Heizkörper</b>	Lieferung und Montage
<b>Einbau von intelligenten Einzelraumregelungen</b>	Lieferung und Montage der intelligenten (smarten) Einzelraumregelungen, Einbindung in das Heizungsnetz, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung evtl. vorhandener Regelungen.

\*Hinweis: Bei dem hydraulischen Abgleich der Sole-Wasser-Wärmepumpe sind lediglich die erforderlichen Messungen, Berechnungen und Einstellungen enthalten. Sollten neue Regelventile oder Pumpen notwendig sein, sind diese separat zu kalkulieren.

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.

<b>BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)</b>	
<b>Info</b>	Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz.
<b>Förderquote</b>	Bis zu 40 %  25 % Wärmepumpe + 5 %, da die Wärmepumpe die Wärmequelle Erdreich oder Grundwasser nutzt + 10 % Heizungstausch-Bonus, da die vorhandene, funktionstüchtige Gasheizung vor mehr als 20 Jahren in Betrieb genommen wurde (1993)
<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 142.241 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 76 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

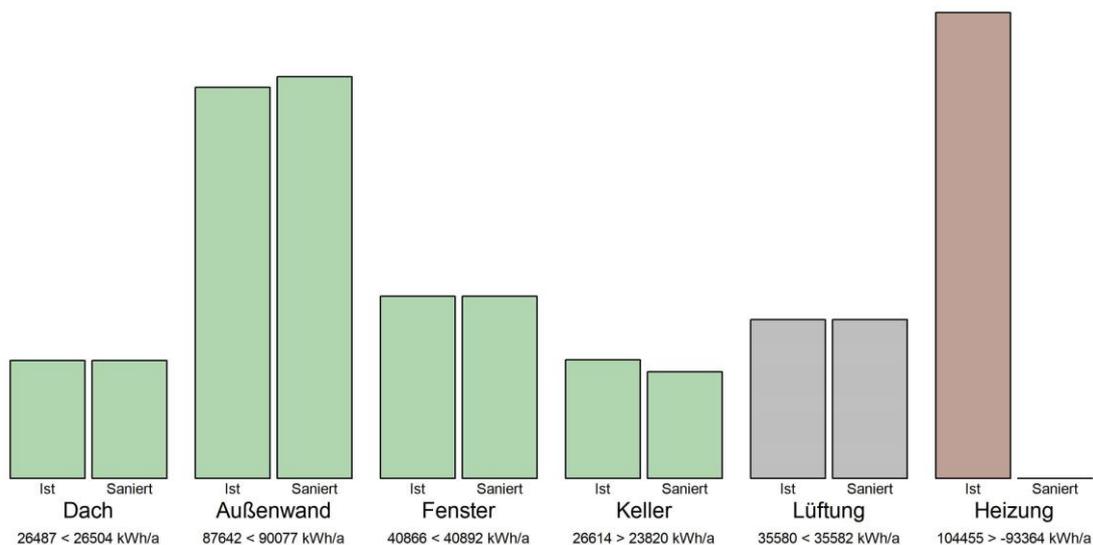


Abbildung 31 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 258.365 kWh/Jahr reduziert sich auf 62.054 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 196.310 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 26.926 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. 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.

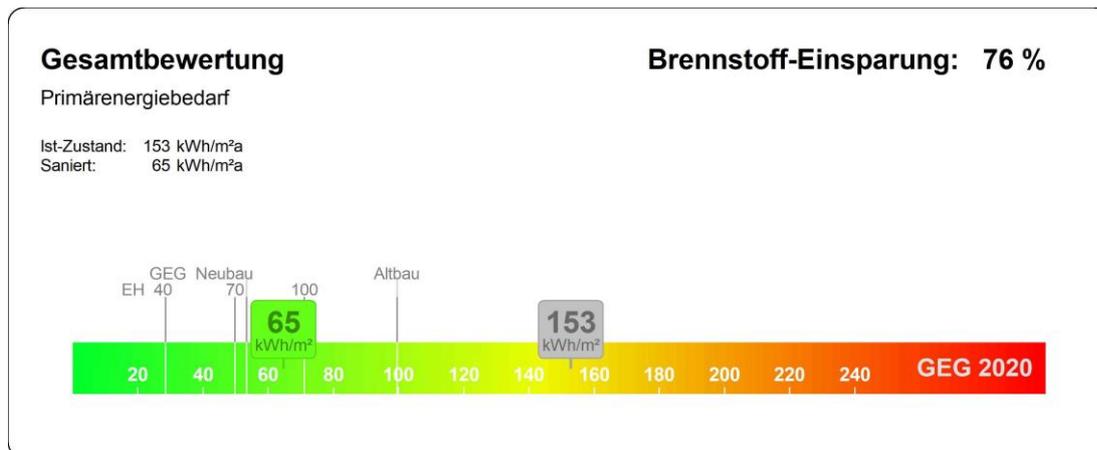


Abbildung 32 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	355.602 EUR
Mögliche Fördermittel	142.241 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>355.602 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 15 über die Nutzungsdauer von 20 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. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2

	<b>mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]</b>	<b>mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]</b>
<i>Kapitalkosten</i>	23.902	23.902
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	15.909	35.354
<i>Summe</i>	39.811	59.256
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	18.230	117.251
<b>Einsparung</b>	<b>-21.581</b>	<b>57.995</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>7 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 Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 7 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 trotzdem durchgeführt werden.

#### 4.4 SV 3: PV-ANLAGE

In dieser Sanierungsvariante wird die Errichtung einer PV-Anlage vorgeschlagen, um den aktuellen Strombedarf und den durch den Einbau einer Wärmepumpe (Variante 2) ggf. steigenden Strombedarf zu decken. In der Simulation wurden die südöstlichen Dächer des Altbaus (vor 1930) und des ersten Anbaus (1962) sowie das südwestliche Dach des Altbaus voll belegt (vgl. Abbildung 33). Zudem wurde ein Batteriespeicher vorgesehen. Die Berechnung wurde mit dem Programm PV\*SOL Premium der Valentin Software GmbH<sup>9</sup> durchgeführt. Es handelt sich um



Abbildung 33 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage  
(Quelle: Simulation mit PV\*SOL)

eine Machbarkeitsanalyse. Die endgültige Planung der PV-Anlage ist durch ein Fachplanungsbüro durchzuführen. Des Weiteren ist eine statische Prüfung der Dächer, für die eine Belegung mit einer PV-Anlage geplant werden soll, durchzuführen.

---

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

Die Ergebnisse der Simulation sind in den folgenden Tabellen Tabelle 16 PV-Anlage bis Tabelle 19 Autarkiegrad zusammengefasst.

Tabelle 16 PV-Anlage

<b>PV-Generatorleistung</b>	83,46 kWp	<p><b>PV-Generatorenergie (AC-Netz) mit Batterie</b></p>  <p> <span style="color: grey;">■</span> Direkter Eigenverbrauch  <span style="color: orange;">■</span> Abregelung am Einspeisepunkt  <span style="color: blue;">■</span> Netzeinspeisung         </p>
<b>Spez. Jahresertrag</b>	959,63 kWh/kWp	
<b>Anlagennutzungsgrad (PR)</b>	89,85 %	
<b>Ertragsminderung durch Abschattung</b>	2,0 %/Jahr	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz) mit Batterie</b>	79.861 kWh/Jahr	
Direkter Eigenverbrauch	11.023 kWh/Jahr	
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr	
Netzeinspeisung	68.835 kWh/Jahr	
<b>Eigenverbrauchsanteil</b>	13,8 %	
<b>Vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	37.382 kg/Jahr	

Tabelle 17 Verbraucher

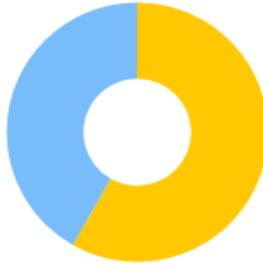
<b>Verbraucher</b>	18.902 kWh/Jahr	<p><b>Gesamtverbrauch</b></p>  <p> <span style="color: yellow;">■</span> gedeckt durch PV mit Batterie  <span style="color: blue;">■</span> gedeckt durch Netz         </p>
<b>Standby-Verbrauch (Wechselrichter)</b>	38 kWh/Jahr	
<b>Gesamtverbrauch</b>	18.940 kWh/Jahr	
gedeckt durch PV mit Batterie	11.023 kWh/Jahr	
gedeckt durch Netz	7.914 kWh/Jahr	
<b>Solarer Deckungsanteil</b>	58,2 %	

Tabelle 18 Batteriesystem

<b>Ladung am Anfang</b>	20 kWh
<b>Batterieladung (PV-Anlage)</b>	3.489 kWh/Jahr
<b>Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung</b>	3.221 kWh/Jahr
<b>Verluste durch Laden/Entladen</b>	212 kWh/Jahr
<b>Verluste in Batterie</b>	76 kWh/Jahr
<b>Zyklenbelastung</b>	3,7 %
<b>Lebensdauer</b>	>20 Jahre

Tabelle 19 Autarkiegrad

<b>Gesamtverbrauch</b>	18.940 kWh/Jahr
<b>gedeckt durch Netz</b>	7.914 kWh/Jahr
<b>Autarkiegrad</b>	58,2 %

Die nachfolgende Abbildung 34 zeigt die prognostizierte Deckung des Stromverbrauchs durch die PV-Anlage mit Batteriespeicher über ein Jahr.

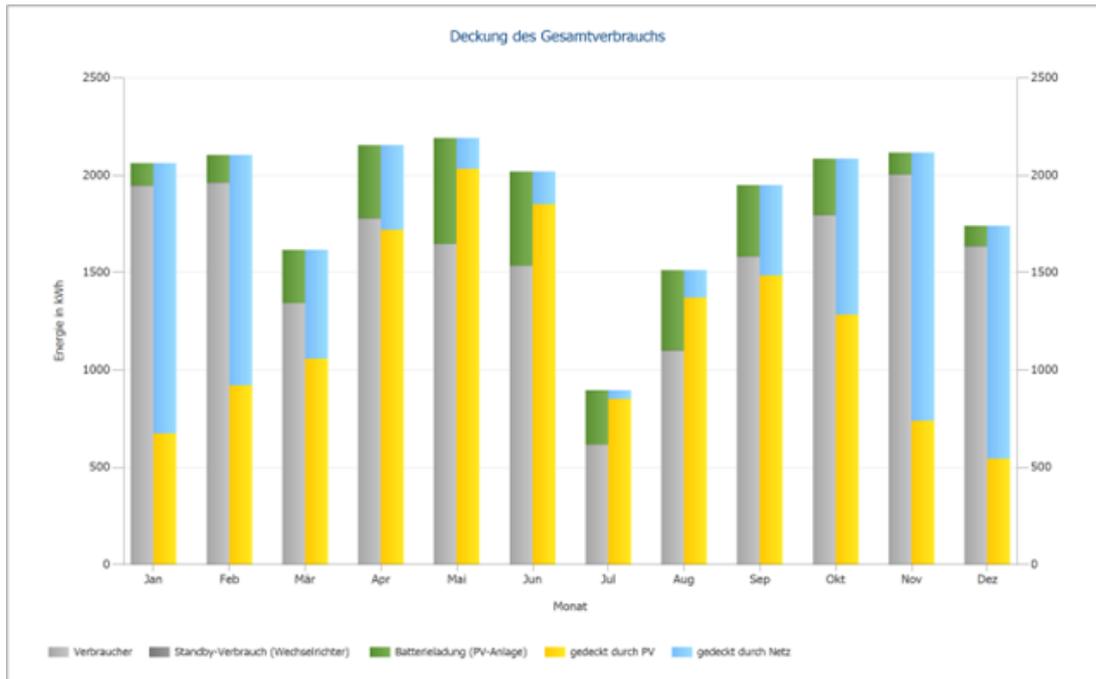


Abbildung 34 Deckung des Gesamtverbrauchs

### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ist in den Tabellen Tabelle 20 und Tabelle 21 dargestellt. In der Investitionssumme sind die Kosten für die Module, den Wechselrichter, die Batterie, die Verkabelung, die Montage, die Lieferung und der Löhne enthalten. Die Kosten für die Planung sind nicht inbegriffen. Hierfür ist ein Zuschlag von ca. 15 % anzunehmen. Sofern eine Unterbringung der Wechselrichter und der Batteriespeicher innerhalb des Gebäudes nicht möglich ist, müssen weitere Kosten für die Schaffung zusätzlicher Räumlichkeiten einkalkuliert werden.

Tabelle 20 Zahlungsübersicht

<i>spezifische Investitionskosten</i>	1.477,65 €/kWp
<b>Investitionskosten</b>	<b>123.325,00 €</b>
<i>Investitionen</i>	104.325,00 €
<i>Batterie</i>	19.000,00 €

Tabelle 21 Vergütung und Einspeisung

<b>Gesamtvergütung im ersten Jahr</b>	4.225,41 €/Jahr
<b>Ersparnisse im ersten Jahr</b>	2.747,12 €/Jahr
<b>EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen</b>	
Gültigkeit	21.11.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,0655 €/kWh
Einspeisevergütung	4.512,0132 €/Jahr
<b>EEG 2021 - Umlage auf Eigenverbrauch - Alle Anlagenarten</b>	
Gültigkeit	21.11.2022 - 20.11.2043
Spezifische Eigenverbrauchsabgabe	0,026 €/kWh
Eigenverbrauchsabgabe	286,61 €/Jahr
<b>Example Private (Example)</b>	
Arbeitspreis	0,25 €/kWh
Grundpreis	10 €/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	5 %/Jahr

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

#### 4.5 SV 4: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die in der Soeste Schule überwiegend vorhandenen Leuchtstoffröhren 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 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.

<b>Zone</b>	<b>Preis [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Summe [€]</b>
Verkehrsflächen	45	423,04	19.037
WC- und Sanitärräume	90	39,49	3.554
Klassenzimmer	80	676,93	54.154
Lager	45	220,15	9.907
Sonstige Aufenthaltsräume	80	219,52	17.562
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>104.214</b>

**Anmerkung:** Die Preise beruhen auf Licht-Berechnungen von Beispielräumen der Soeste 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 raumlufttechnischen 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 15.632 € 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 Förderungsschwerpunkten 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 26.053 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Eine Kumulation der beiden Förderprogramme ist nicht möglich.

#### **Energieeinsparung - Variante 4 -**

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

Der derzeitige Endenergiebedarf von 258.365 kWh/Jahr reduziert sich auf 256.339 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2.026 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2.534 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 149 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelegte 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.

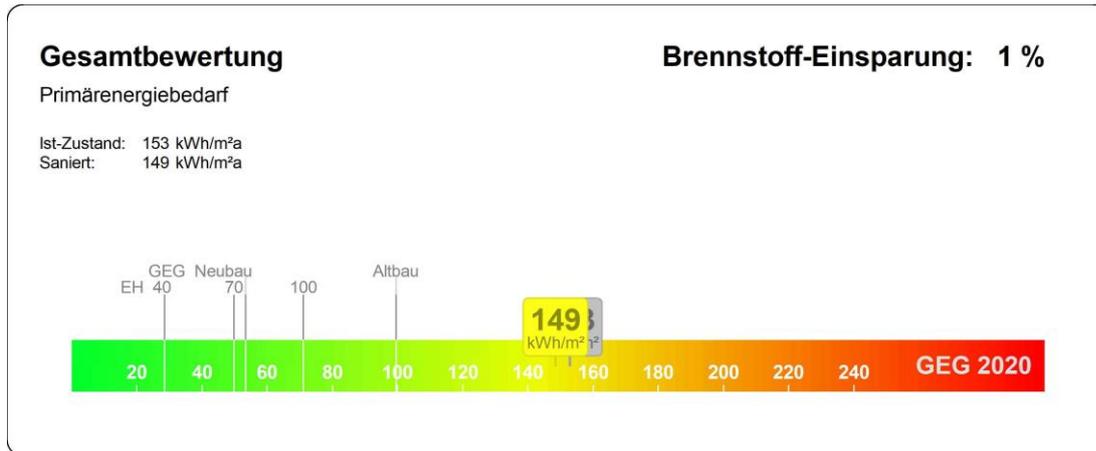


Abbildung 35 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	104.214 EUR
Mögliche Fördermittel - BEG EM (15 %)	15.632 EUR
Mögliche Fördermittel - Kommunalrichtlinie (25 %)	26.053 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>104.214 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 23 über die Nutzungsdauer von 20 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. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	7.005	7.005
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	16.191	114.884
Summe	23.196	121.889
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	18.230	117.251
<b>Einsparung</b>	<b>-4.966</b>	<b>-4.638</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.

#### 4.6 SV 5: FENSTER- UND AUßENTÜRENTAUSCH

Bei den Fenstern der Soeste Schule handelt es sich überwiegend um Holzfenster aus den 1980er und 1990er Jahren. Im Altbau (vor 1930) sind teilweise Fenster aus dem Jahr 2005 vorhanden (vgl. Abbildung 36). Die Fenster im ersten Anbau (1962) stammen zum Teil aus dem Jahr 2014. Im Anbau aus dem Jahr 1977 wurden die Fenster in diesem Jahr gegen dreifach verglaste Fenster ausgetauscht. Bei den Außentüren handelt es sich um Holztüren mit einer zweifach Verglasung. Die Haupteingangstüren verfügen über einen Metallrahmen.

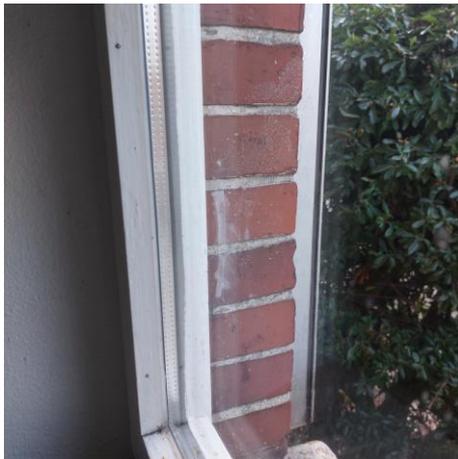


Abbildung 36 Zweifach verglastes Fenster mit Holzrahmen

In dieser Sanierungsvariante wird empfohlen, die älteren Fenster und Außentüren mit Baujahren vor 2009 entsprechend den aktuellen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) auszutauschen. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein  $U_w$ -Wert von  $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$  für Fenster und ein  $U$ -Wert von  $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  für Türen anzusetzen. Für die Berechnung wird eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung angenommen.

**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 und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Holz-Einzelfenster inkl. Einbau	551,51		
<b>Einzelfenster gesamt</b>	600	237,34	142.404
<b>Lichtkuppel</b>	1.600	1,44	2.304
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
<b>Außentüren</b>	2.150	9,90	21.285
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>165.994</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). 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

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 24.899 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 5 -**

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 8 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

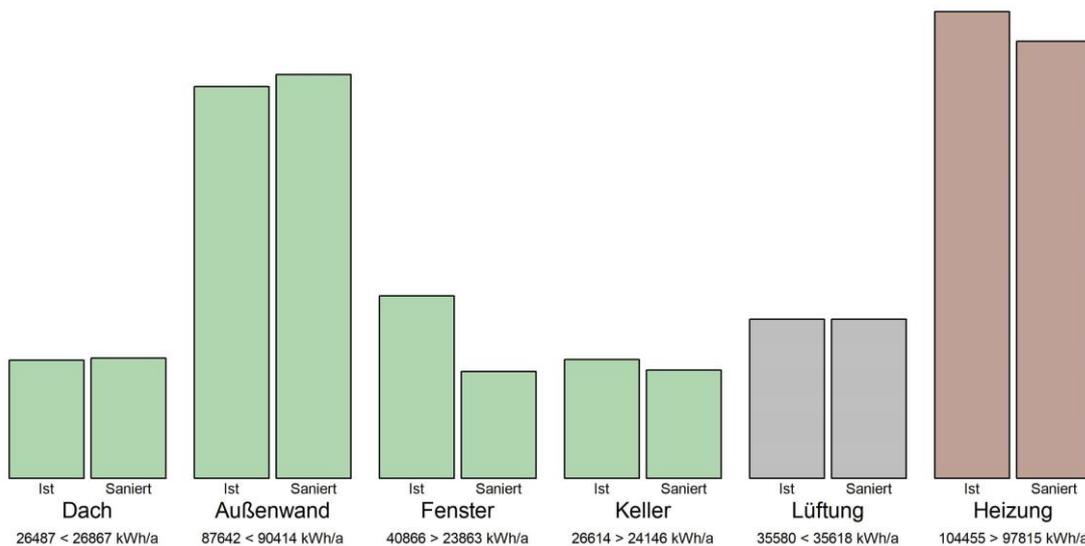


Abbildung 37 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 258.365 kWh/Jahr reduziert sich auf 238.867 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 19.498 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 4.312 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 142 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.

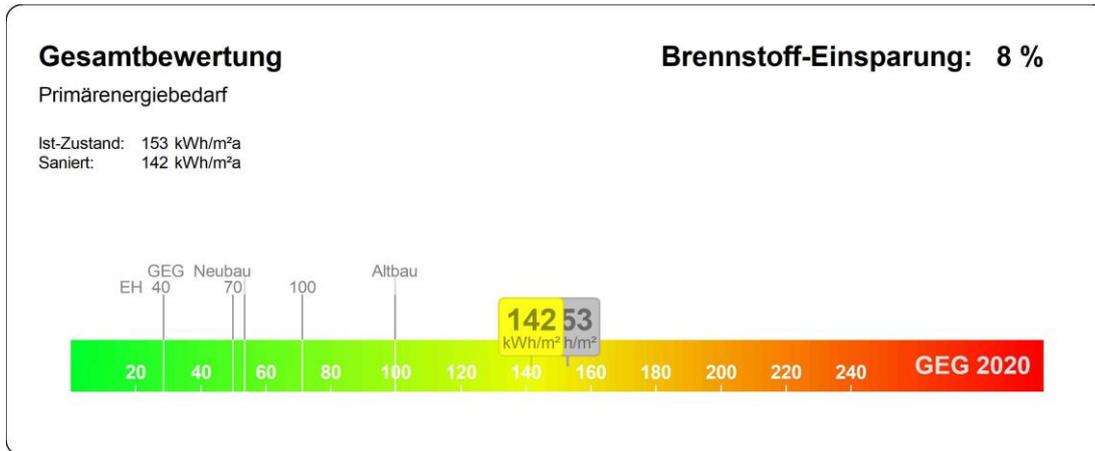


Abbildung 38 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	165.994 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	157.769 EUR
Mögliche Fördermittel	24.899 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>8.225 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 25 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. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 25 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	420	420
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	20.499	130.034
Summe	20.919	130.454
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.826	140.377
<b>Einsparung</b>	<b>907</b>	<b>9.923</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>11 Jahre</b>	<b>2 Jahre</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nach 11 Jahren die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 2 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.

#### 4.7 SV 6: FLACHDACHDÄMMUNG

Die Flachdächer der Schule stammen aus den Jahren 1962 und 1977 (vgl. Abbildung 39). In dieser Sanierungsvariante wird daher eine Dämmung der Flachdächer entsprechend den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) empfohlen. Um diese Anforderungen



Abbildung 39 Flachdach Aula

zu erfüllen, ist eine zusätzliche Dämmung in einer Stärke von ca. 12 cm mit einem Lambda-Wert von 0,035 W/mK erforderlich. Um eine BEG-Förderung gem. der Förderrichtlinie BEG EM zu erhalten, wird ein U-Wert der gedämmten obersten Geschossdecke von  $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$  gefordert. In der Simulation wird daher eine Dämmstoffstärke von 20 cm mit einem Lambda-Wert von 0,032 W/mK angesetzt. Die bestehenden Abdichtungen und Dämmschichten der Flachdächer werden zurückgebaut und nach der

Dämmung neu abgedichtet. 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 Flachdachbelag	49,25		
Flachdach nach Energiestandards	134,12		
<b>Flachdächer gesamt</b>	200,00	257,16	51.719,61
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>51.719,61</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 aufgeführten Kosten enthalten.

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

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 7.758 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 6 -**

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 9 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

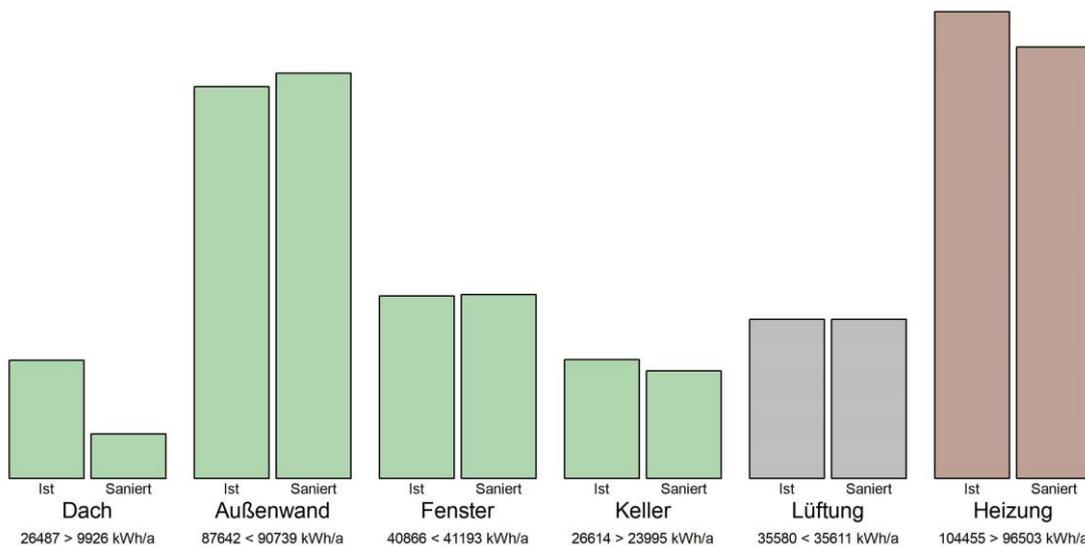


Abbildung 40 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6

Der derzeitige Endenergiebedarf von 258.365 kWh/Jahr reduziert sich auf 235.974 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 22.391 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5.013 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 140 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.

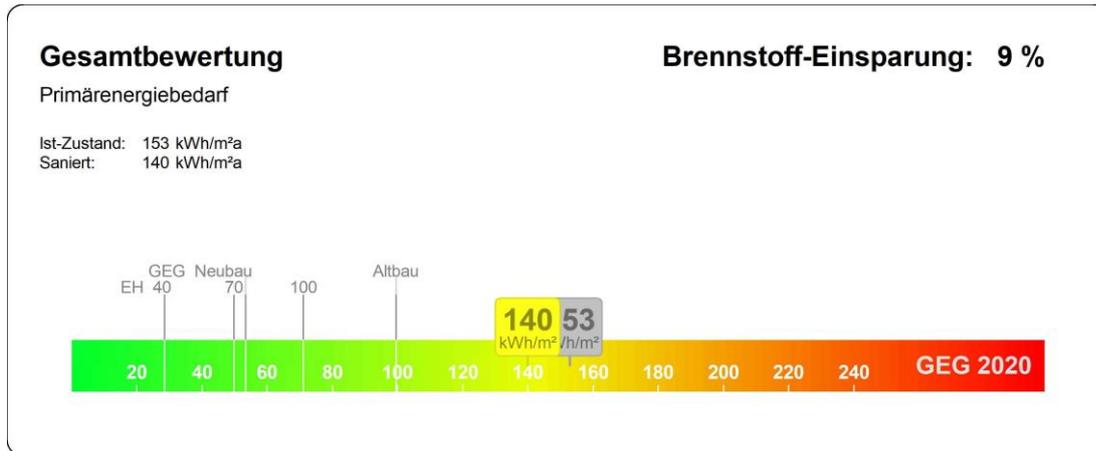


Abbildung 41 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 26 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	51.720 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	38.790 EUR
Mögliche Fördermittel	7.758 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>12.930 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 27 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. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 27 Einsparpotenzial, SV 6

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	660	660
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	20.235	128.448
Summe	20.895	129.108
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.826	140.377
<b>Einsparung</b>	<b>931</b>	<b>11.269</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>14 Jahre</b>	<b>2 Jahre</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nach 14 Jahren die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 2 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.

#### 4.8 SV 7: AUßENWANDDÄMMUNG

Die verklinkerten Außenwände des Gebäudekomplexes befinden sich im jeweiligen Zustand des Baualters der unterschiedlichen Baukörper (vor 1930 bis 1977) (vgl. Abbildung 42).



Abbildung 42 Außenansicht Soeste Schule

Die Außenwände entsprechen daher nicht den aktuellen Anforderungen des GEG und werden in dieser Sanierungsvariante nachträglich durch eine Außendämmung gedämmt.

Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen gem. GEG beträgt  $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um diesen U-Wert zu erreichen, würde eine Dämmung von 12 cm mit einem Lambda-Wert von  $0,035 \text{ W/mK}$  für die Bauteile bis 1962 ausreichen. Für den 1977 errichteten Anbau wäre hierfür eine Dämmstärke von 10 cm mit einem Lambda-Wert von  $0,032 \text{ W/mK}$  erforderlich.

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 von Bauteilen bis 1962 daher eine Dämmstärke von 14 cm mit einem Lambda von  $0,032 \text{ W/mK}$  für Bauteile vor 1962 und eine Dämmstärke von 14 cm mit einem Lambda  $0,035 \text{ W/mK}$  für die Außenwände des Anbaus von 1977. 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	40,99		
Außenwand nach Energiestandards	139,01		
<b>Außenwände gesamt</b>	180,00	1.724,45	310.401,83
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>310.401,83</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 und Verdübeln der Dämmschicht wird vollflächig angebracht und verdübelt.

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 46.560 € beantragt werden.

#### Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 36 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

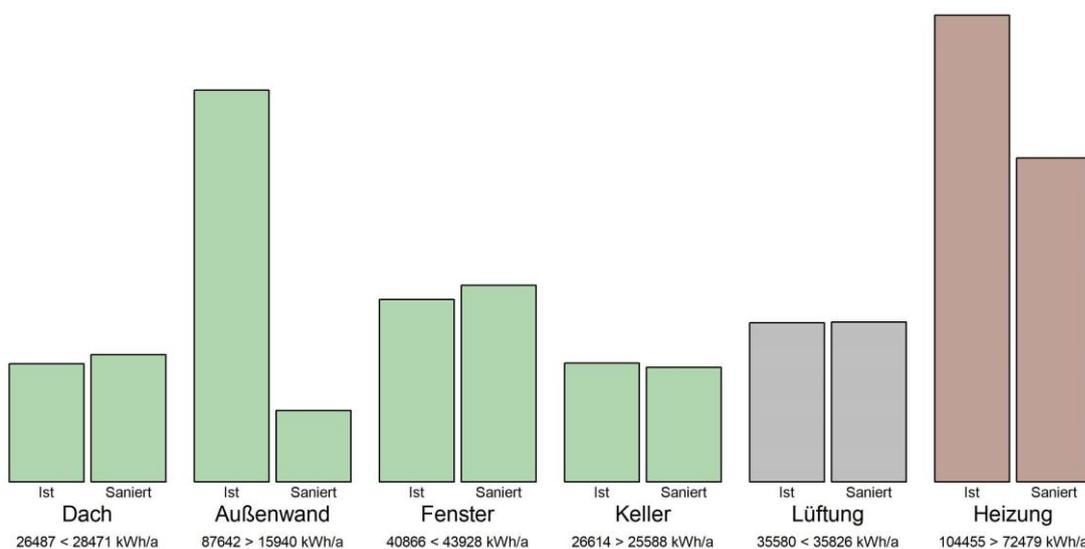


Abbildung 43 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 7

Der derzeitige Endenergiebedarf von 258.365 kWh/Jahr reduziert sich auf 165.424 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 92.941 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 20.822 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 99 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.

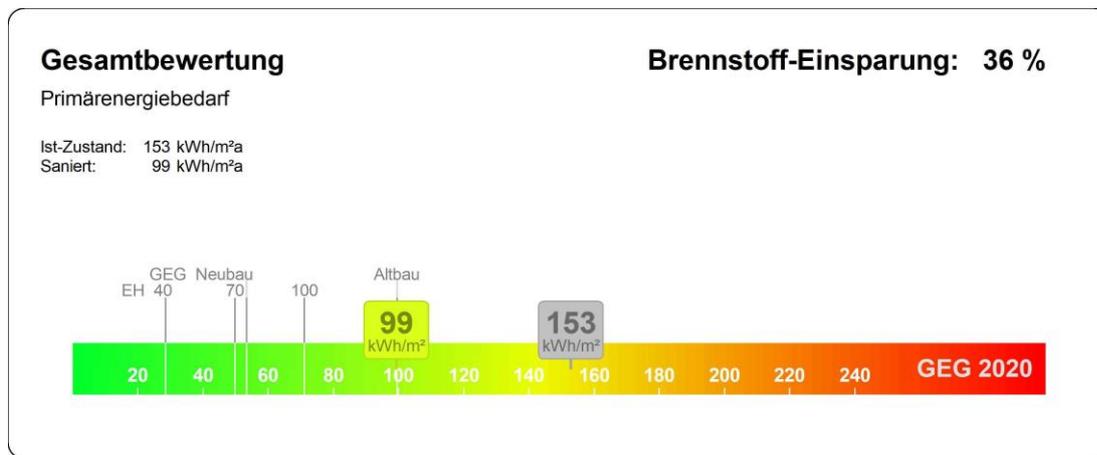


Abbildung 44 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 28 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	310.402 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	155.201 EUR
Mögliche Fördermittel	46.560 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>155.201 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 29 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. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 29 Einsparpotenzial, SV 7

	<b>mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]</b>	<b>mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]</b>
<i>Kapitalkosten</i>	7.918	7.918
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	15.204	90.846
<i>Summe</i>	23.122	98.764
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	21.826	140.377
<b>Einsparung</b>	<b>-1.296</b>	<b>41.613</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>6 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 Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 6 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.

#### 4.9 SV 8: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 - Kellerdeckendämmung

Var. 2 - Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var. 3 - PV-Anlage

Var. 4 - LED-Beleuchtung

Var. 5 - Fenster- und Außentürentausch

Var. 6 - Flachdachdämmung

Var. 7 - Außenwanddämmung

kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden.

Da sich der energetische Zustand des Gebäudes bei der Ausführung aller vorgeschlagenen Maßnahmen verbessert, verringert sich auch der Energiebedarf deutlich. Hieran angepasst wurde in der Maßnahmenkombination für die Heizungsanlage eine Leistung von ca. 75 kW angenommen. Die Länge der Tiefensonden reduziert sich dementsprechend, sodass ca. 11 Sonden erforderlich wären.

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

<b>Fördermöglichkeiten</b>				
<b>Sanierungsmaßnahme</b>	<b>Förderprogramm</b>	<b>Investitionskosten [€]</b>	<b>Förderquote [%]</b>	<b>Mögliche Fördermittel [€]</b>
<b>Var. 1 Kellerdeckendämmung</b>	BEG EM	4.434	15	bis zu 665
<b>Var. 2 Heizungstausch</b>	BEG EM	235.854	40	bis zu 142.241
<b>Var. 3 PV-Anlage</b>	-	10.432	-	-
<b>Batteriespeicher</b>	-	19.000	-	-
<b>Var. 4 LED-Beleuchtung</b>	BEG EM	104.214	15	bis zu 15.632*
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 26.053
<b>Var. 5 Fenster- und Außentürentausch</b>	BEG EM	16.599	15	bis zu 24.899
<b>Var. 6 Flachdachdämmung</b>	BEG EM	51.720	15	bis zu 7.758
<b>Var. 7 Außenwanddämmung</b>	BEG EM	310.402	15	bis zu 46.560
<b>Summe</b>		<b>995.942</b>		<b>bis zu 248.176</b>

\* In der Summe der möglichen Fördermittel nicht enthalten, da Förderprogramme nicht kumulierbar.

Über das Förderprogramm der BEG und der Kommunalrichtlinie könnte ein Zuschuss von bis zu 248.176 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 8 -**

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 89 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

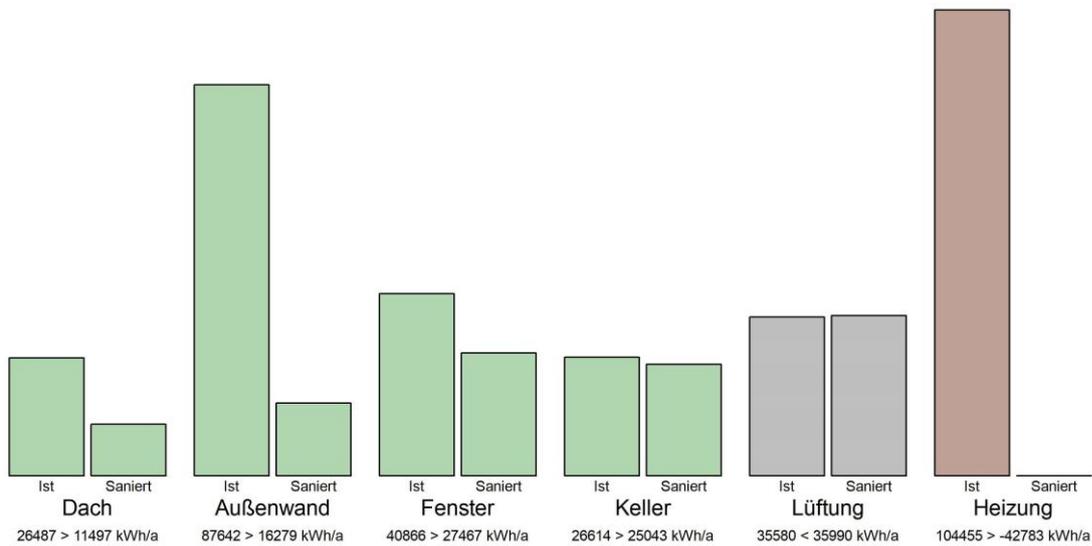


Abbildung 45 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 8

Der derzeitige Endenergiebedarf von 258.365 kWh/Jahr reduziert sich auf 27.882 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 230.483 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 53.888 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 13 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.

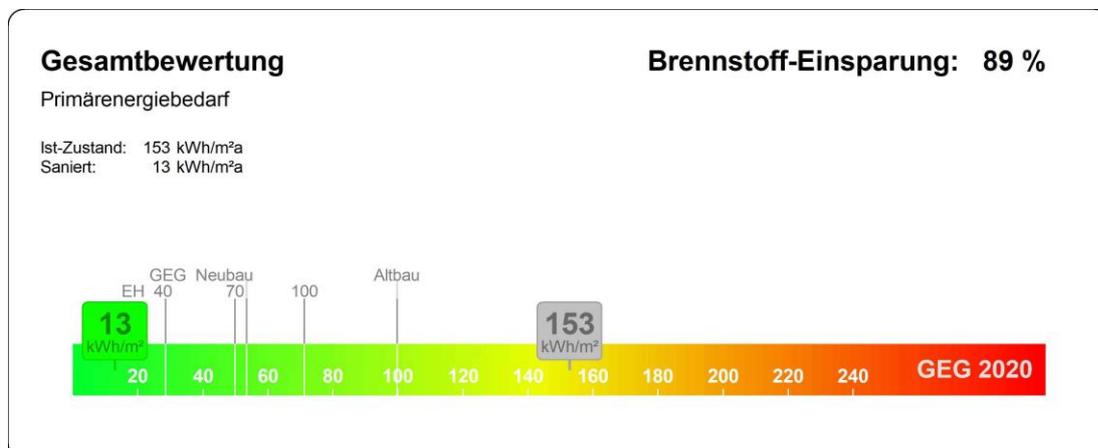


Abbildung 46 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 30 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8

Gesamtinvestitionen	995.942 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	351.759 EUR
Mögliche Fördermittel	248.176 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>644.183 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 31 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. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 31 Einsparpotenzial, SV 8

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	47.800	47.800
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	8.369	18.824
Summe	56.169	66.624
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.826	140.377
<b>Einsparung</b>	<b>-34.343</b>	<b>73.753</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>10 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 Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 10 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 32 dargestellt.

Tabelle 32 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 33 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 33 Einsparpotenzial, SV 8 mit Preisbremse

	<b>mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	47.800
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	18.659
Summe	66.459
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	74.334
<b>Einsparung</b>	<b>7.875</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>30 Jahre</b>

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

#### 4.10 EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG

In dieser Variante werden die zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen kombiniert. Zudem werden die für die Berechnung vorgenommen Anpassungen (Raumtemperaturen, Nutzungszeiten, Lüftungsverhalten) an den Energieverbrauch rückgängig gemacht und wieder an die Vorgaben der DIN V 18599 angeglichen. Dadurch erhöht sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes deutlich. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 100 erreicht werden. Für einen Effizienzgebäude-Standard 100 können seit Mitte letzten Jahres keine Fördermittel mehr beantragt werden.

### GEG- und BEG-Anforderungen

#### Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Nutzung	Nichtwohngebäude
Beheiztes Gebäudevolumen $V_e$	6872,8 m <sup>3</sup>
Hüllfläche A	3635,9 m <sup>2</sup>
Nettogrundfläche $A_{NGF}$	1728,4 m <sup>2</sup>
Fensterfläche	385,0 m <sup>2</sup>
Außentürfläche	9,9 m <sup>2</sup>
Bauart des Gebäudes	nicht leichte Bauart
Gebäudetyp	freistehend

#### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	47,8	<input checked="" type="checkbox"/> 170,8	122,0	<input checked="" type="checkbox"/> 48,8	<input checked="" type="checkbox"/> 67,1	<input checked="" type="checkbox"/> 85,4	<input checked="" type="checkbox"/> 122,0	<input checked="" type="checkbox"/> 195,2
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,30	<input checked="" type="checkbox"/> 0,56		<input type="checkbox"/> 0,18	<input type="checkbox"/> 0,22	<input type="checkbox"/> 0,26	<input checked="" type="checkbox"/> 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	1,1	<input checked="" type="checkbox"/> 2,7		<input type="checkbox"/> 1,0	<input checked="" type="checkbox"/> 1,2	<input checked="" type="checkbox"/> 1,4	<input checked="" type="checkbox"/> 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,3	<input checked="" type="checkbox"/> 4,3		<input checked="" type="checkbox"/> 1,6	<input checked="" type="checkbox"/> 2,0	<input checked="" type="checkbox"/> 2,4	<input checked="" type="checkbox"/> 3,0	

\* EH 100 für Bestandsgebäude wurde nur bis zum 28.07.2022 gefördert.

#### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	22001	10,4
Wärmepumpen	144295	68,5

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

EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 78,9%

## 5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Soeste Schule in Barßel. 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 7 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 76 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Austausch der alten Heizungsanlage gegen eine Sole-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 44 % (mehr als 25 Tonnen pro Jahr) gesenkt werden.

In Bezug auf den baulichen Wärmeschutz bietet die Sanierung der Außenwände (SV 7) das größte Einsparpotential. Hierdurch könnten ca. 36 % der Endenergie eingespart werden, wodurch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Jahr um ca. 34 % (mehr als 20 Tonnen pro Jahr) sinken würde.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von bzw. an CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 89 % (fast 54 Tonnen pro Jahr) im Vergleich zum Ist-Zustand möglich.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen. Durch den gesenkten Endenergiebedarf der restlichen Maßnahmen kann die eingesetzte Wärmepumpe effizienter arbeiten. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem der Austausch der alten Heizungsanlage und die Dämmung der Außenwände an.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Emissionen auch bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht gänzlich vermieden werden und liegen bei knapp 7 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. Auch 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.



### **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  $Q_d$  (Leistungsverlust 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.

#### **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.