



# FÜR DIE „SOESTE SCHULE“ BARßEL - AUßENSTELLE ELISABETHFEHN

**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.....	8
2 Zusammenfassung .....	9
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	9
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ .....	12
2.3 INVESTITIONSKOSTEN .....	14
3 Ausgangssituation.....	15
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES .....	15
3.2 FOTODOKUMENTATION .....	18
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG .....	19
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	23
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	23
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	24
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	25
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung .....	25
3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand.....	27
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	28
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	29
3.7.1 Heizungsanlage.....	29
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	29
3.7.3 Beleuchtung .....	29
3.7.4 Lüftungstechnik.....	29
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	30
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	30
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand .....	30
3.8.3 Energiekosten .....	34
3.8.4 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	34
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	35
4 Sanierungsvarianten.....	36
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	36

4.2	SV 1: KELLERDECKENDÄMMUNG.....	36
4.3	SV 2: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE ALTBAU (HAUS 1) .....	39
4.4	SV 3: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE .....	43
4.5	SV 4: PV-ANLAGE .....	48
4.6	SV 5: LED-BELEUCHTUNG .....	52
4.7	SV 6: AUßENWANDDÄMMUNG ALTBAU (1960) .....	56
4.8	SV 7: MAßNAHMENKOMBINATION .....	60
4.9	SV 8: MAßNAHMENKOMBINATION NUR MIT SWP .....	63
4.10	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG.....	68
5	Fazit .....	69
6	Anhang .....	70
A.1	GLOSSAR .....	70

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan.....	15
Abbildung 2 Lageplan, Aufteilung der Liegenschaft nach Baujahren.....	16
Abbildung 3 Außenansicht, Blickrichtung Norden.....	18
Abbildung 4 Außenansicht, Blickrichtung Westenn.....	18
Abbildung 5 Außenansicht, Blickrichtung Westen.....	18
Abbildung 6 Dachraum Haus 4.....	18
Abbildung 7 Dachraum Haus 1.....	18
Abbildung 8 Musikraum.....	18
Abbildung 9 Klassenraum.....	18
Abbildung 10 Büroraum.....	18
Abbildung 11 Kellergeschoss.....	18
Abbildung 12 Elektro-Warmwasserspeicher.....	18
Abbildung 13 Erdgas-Brennwertkessel.....	18
Abbildung 14 Heizungsverteilung.....	18
Abbildung 15 3D-Ansicht der Soeste Schule Barßel – Außenstelle Elisabethfehn (Simulation) .....	19
Abbildung 16 3D-Ansicht der Soeste Schule Barßel – Außenstelle Elisabethfehn, zonierte (Simulation).....	19
Abbildung 17 Nutzungszonen nach DIN V 18599.....	20
Abbildung 18 Grundriss Kellergeschoss, zonierte.....	21
Abbildung 19 Grundriss Erdgeschoss, zonierte.....	21
Abbildung 20 Grundriss Obergeschoss, zonierte.....	22
Abbildung 21 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	24
Abbildung 22 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte.....	25
Abbildung 23 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste.....	31
Abbildung 24 Energiebilanz des Gebäudes.....	32
Abbildung 25 Gesamtbewertung des Gebäudes.....	32
Abbildung 26 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes.....	33
Abbildung 27 Kellerdecke Haus 3, ungedämmt.....	36
Abbildung 28 Oberste Geschossdecke Haus 1, ungedämmt.....	39
Abbildung 29 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2.....	40
Abbildung 30 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2.....	41
Abbildung 31 Heizungsanlage.....	43

Abbildung 32 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3 .....	45
Abbildung 33 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	46
Abbildung 34 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage .....	48
Abbildung 35 Deckung des Gesamtverbrauchs .....	50
Abbildung 36 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	54
Abbildung 37 Außenansicht .....	56
Abbildung 38 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6 .....	57
Abbildung 39 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6 .....	58
Abbildung 40 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 7 .....	61
Abbildung 41 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7 .....	61
Abbildung 42 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 8 .....	64
Abbildung 43 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8 .....	65
Abbildung 44 Primärenergie.....	71

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	16
Tabelle 2 Fortsetzung Allgemeine Daten.....	17
Tabelle 3 Zonierung und Konditionierung.....	20
Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch .....	23
Tabelle 5 Energieverbrauchskennwerte.....	24
Tabelle 6 Gebäudekennwerte.....	26
Tabelle 7 Wandaufbau Neubau Oberstufe.....	27
Tabelle 8 Wandaufbau Neubau Zwischentrakt.....	27
Tabelle 9 Wandaufbau Haus 4.....	28
Tabelle 10 Wandaufbau Gaube Neubau Oberstufe.....	28
Tabelle 11 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599.....	30
Tabelle 12 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung.....	30
Tabelle 13 Darstellung der jährlichen Verluste.....	31
Tabelle 14 Bezugskosten nach Energieträger.....	34
Tabelle 15 Bezugskosten nach Energieträger (Stand: 17.08.2022).....	34
Tabelle 16 Globale Daten zur Ökonomie.....	34
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1.....	38
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 1.....	38
Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2.....	41
Tabelle 20 Einsparpotenzial, SV 2.....	41
Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3.....	46
Tabelle 22 Einsparpotenzial, SV 3.....	47
Tabelle 23 PV-Anlage.....	49
Tabelle 24 Verbraucher.....	49
Tabelle 25 Batteriesystem.....	49
Tabelle 26 Autarkiegrad.....	50
Tabelle 27 Zahlungsübersicht.....	50
Tabelle 28 Vergütung und Einspeisung.....	51
Tabelle 29 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5.....	54
Tabelle 30 Einsparpotenzial, SV 5.....	54
Tabelle 31 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6.....	58
Tabelle 32 Einsparpotenzial, SV 6.....	58

Tabelle 33 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7 .....	62
Tabelle 34 Einsparpotenzial, SV 7 .....	62
Tabelle 35 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8 .....	65
Tabelle 36 Einsparpotenzial, SV 8 .....	65
Tabelle 37 Kostenannahmen Preisbremse .....	66
Tabelle 38 Einsparpotenzial, SV 8 mit Preisbremse.....	66

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für Außenstelle der Soeste Schule Barßel in Elisabethfehn 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 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe

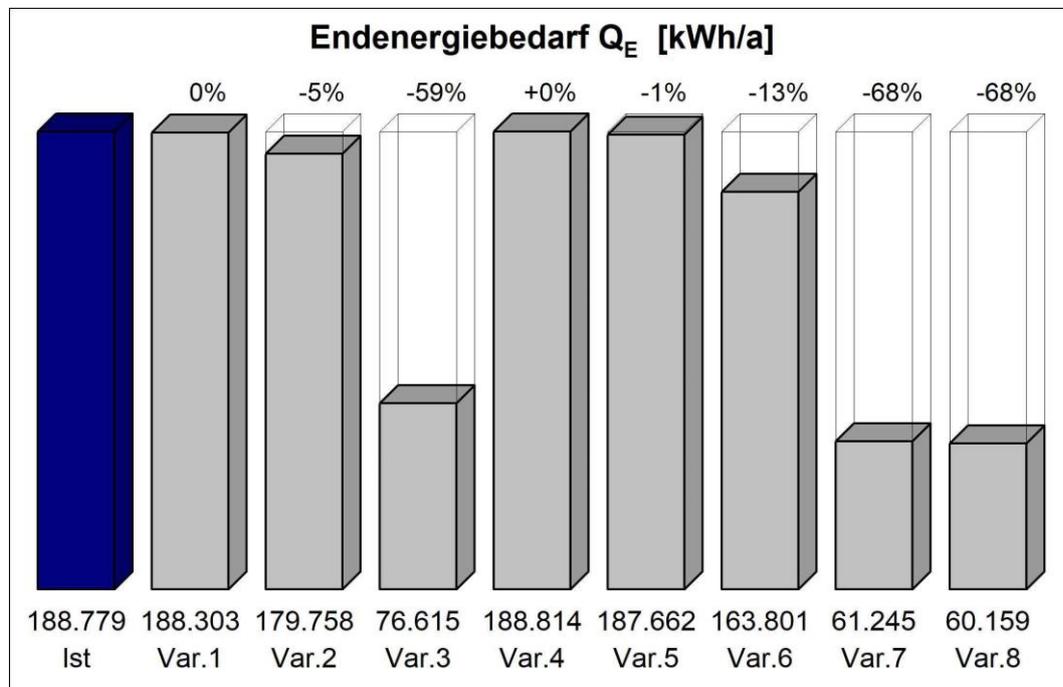
Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

Var.7 - Maßnahmenkombination

Var.8 - Maßnahmenkombination nur mit SWP



Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt. Wie in Kap. 4.4 beschrieben, führt die Wärmepumpe (Var. 3) bei den Bestandspreisen („alte“ Preise) noch zu einer Erhöhung der Brennstoffkosten. Bei aktuell ortsüblichen Energiepreisen („neue“ Preise) reduzieren sich die Kosten durch die Wärmepumpe deutlich.

Ist-Zustand

Var.1 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.4 - PV-Anlage

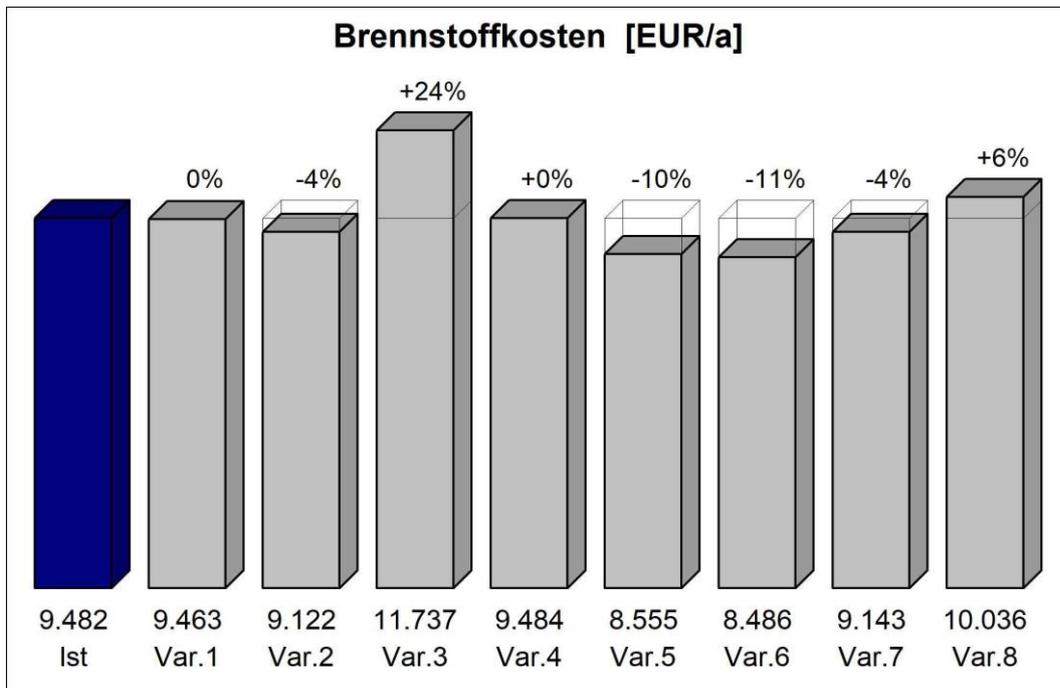
Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

Var.7 - Maßnahmenkombination

Var.8 - Maßnahmenkombination nur mit SWP

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



Ist-Zustand

Var.1 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.4 - PV-Anlage

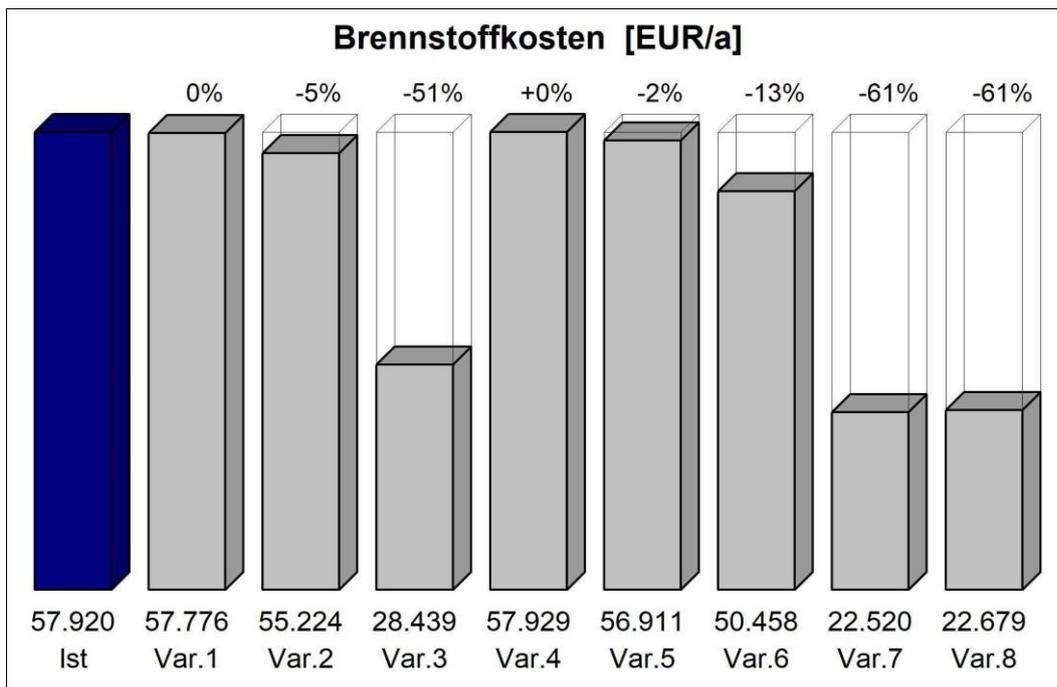
Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

Var.7 - Maßnahmenkombination

Var.8 - Maßnahmenkombination nur mit SWP

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 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe

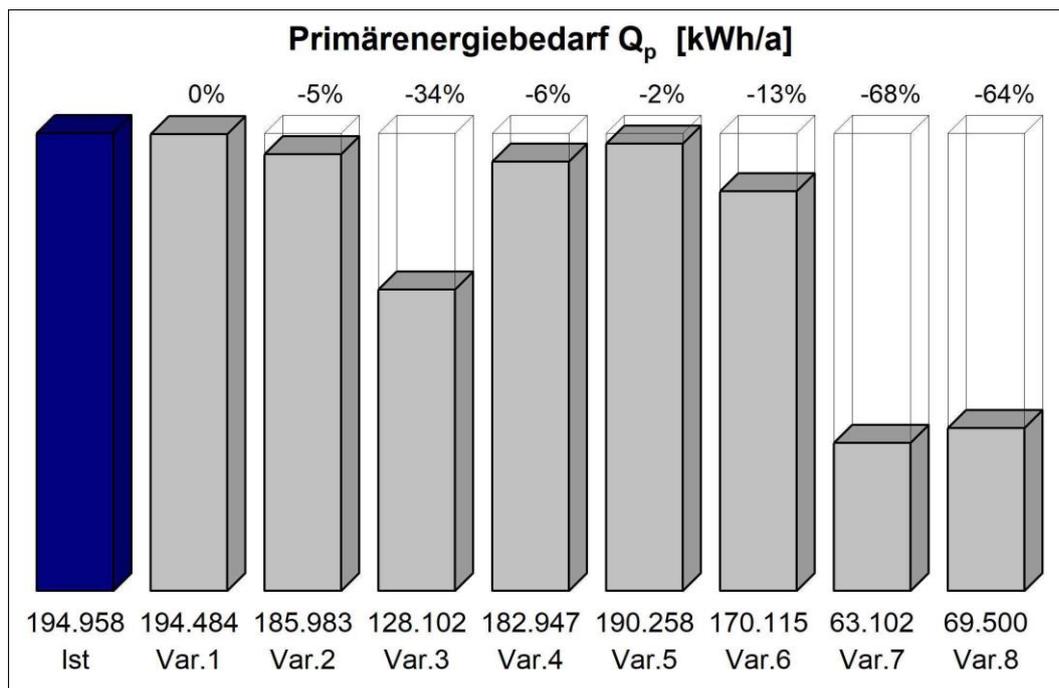
Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

Var.7 - Maßnahmenkombination

Var.8 - Maßnahmenkombination nur mit SWP



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 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe

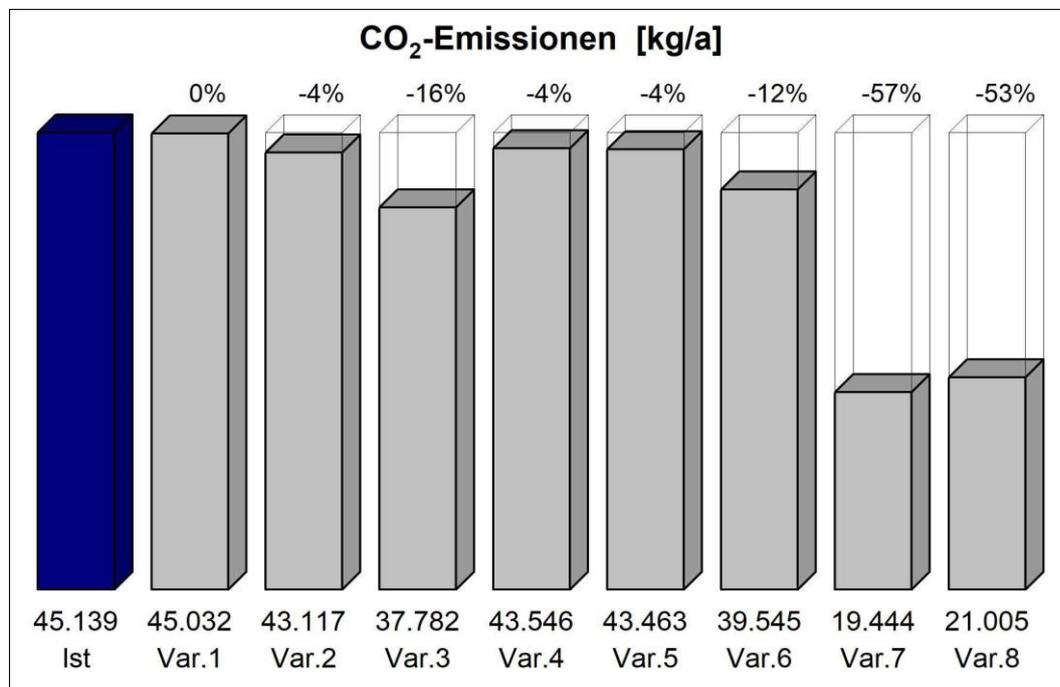
Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

Var.7 - Maßnahmenkombination

Var.8 - Maßnahmenkombination nur mit SWP



## 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 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe

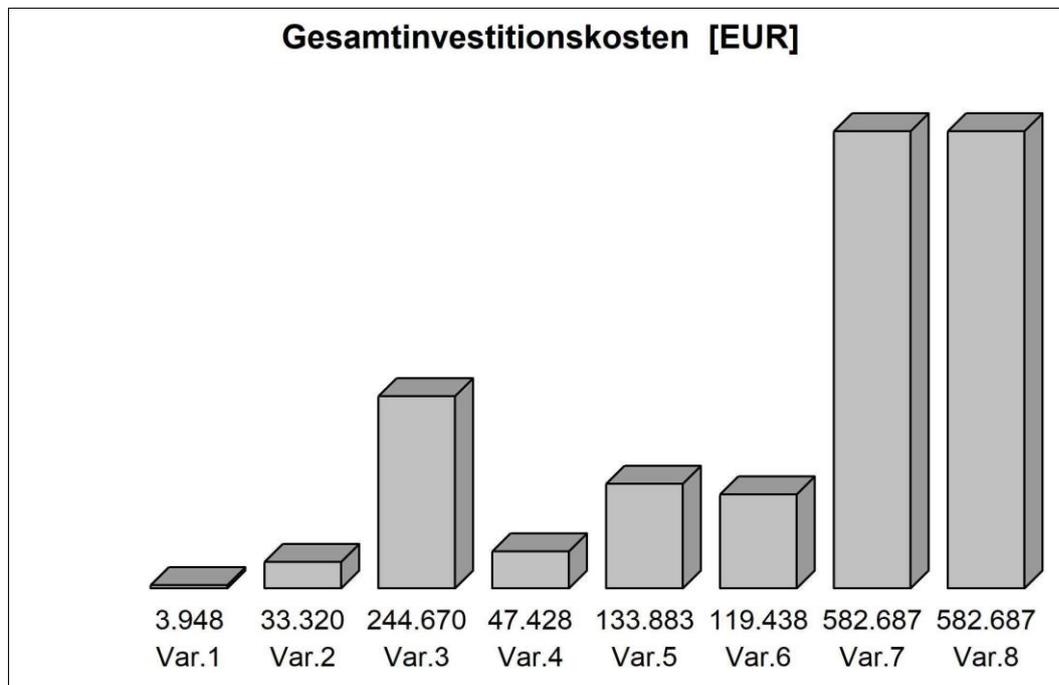
Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

Var.7 - Maßnahmenkombination

Var.8 - Maßnahmenkombination nur mit SWP



### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Außenstelle der Soeste Schule befindet sich in der Schleusenstraße 102 in 26676 Barßel-Elisabethfehn (vgl. Abbildung 1).

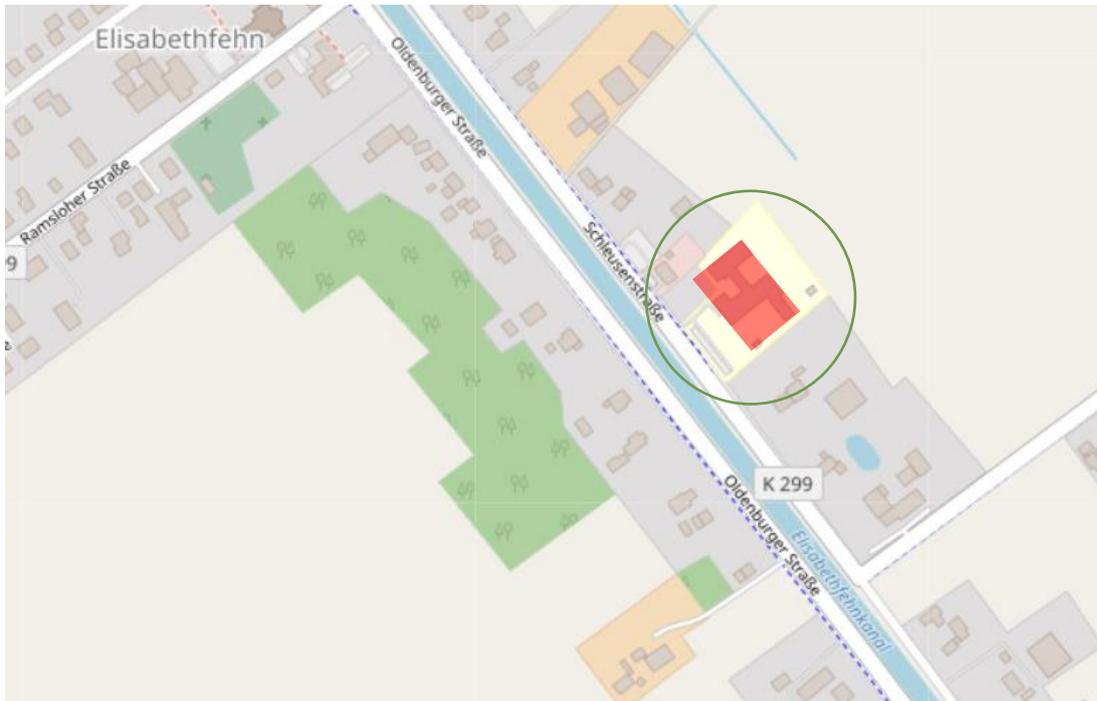


Abbildung 1 Lageplan

NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 09.12.2022)

Sie besteht, wie die Abbildung 2 zeigt aus mehreren Bauteilen. Die Bauteile Haus 1 bis Haus 3 (grün in Abbildung 2) wurden im Jahr 1960 gebaut. Die Neubauten Oberstufe und Zwischentrakt sowie das Haus 4 (blau in Abbildung 2) stammen aus dem Jahr 2009.

Der Neubau Zwischentrakt ist eingeschossig und verfügt über ein Flachdach. Haus 4 ist ebenfalls eingeschossig und hat ein Satteldach. Die Bauteile Haus 1 bis Haus 3 und der Neubau Oberstufe sind zweigeschossig und mit einem Satteldach versehen. Haus 3 ist zudem teilunterkellert.

Entsprechend der Baujahre und des äußeren Erscheinungsbildes der Schule wird angenommen, dass die Außenwände der Altbauten aus dem Jahr 1960 (Haus 1 bis Haus 3) aus einem zweischaligen Mauerwerk mit verklinkerter Fassade bestehen. Die Außenfassaden des Neubaus Oberstufe und von Haus 4 sind nach den vorliegenden Planunterlagen aus Kalksandsteinmauerwerk mit einer Wärmedämmung und einer verklinkerten Vormauerschale aufgebaut. Der Zwischenbau ist nicht verklinkert. Die bekannten Wandaufbauten werden in Kapitel 3.5 dargestellt.

Die Dachgeschosse von Haus 1, Haus 3 und Haus 4 sind nicht ausgebaut und unbeheizt. Die obersten Geschossdecke von Haus 3 ist mit einer Wärmedämmung in einer Stärke von ca. 16 cm belegt. Die oberste Geschossdecke von Haus 4 ist ebenfalls gedämmt. Das Dachgeschoss von Haus 2 ist ausgebaut und beheizt.

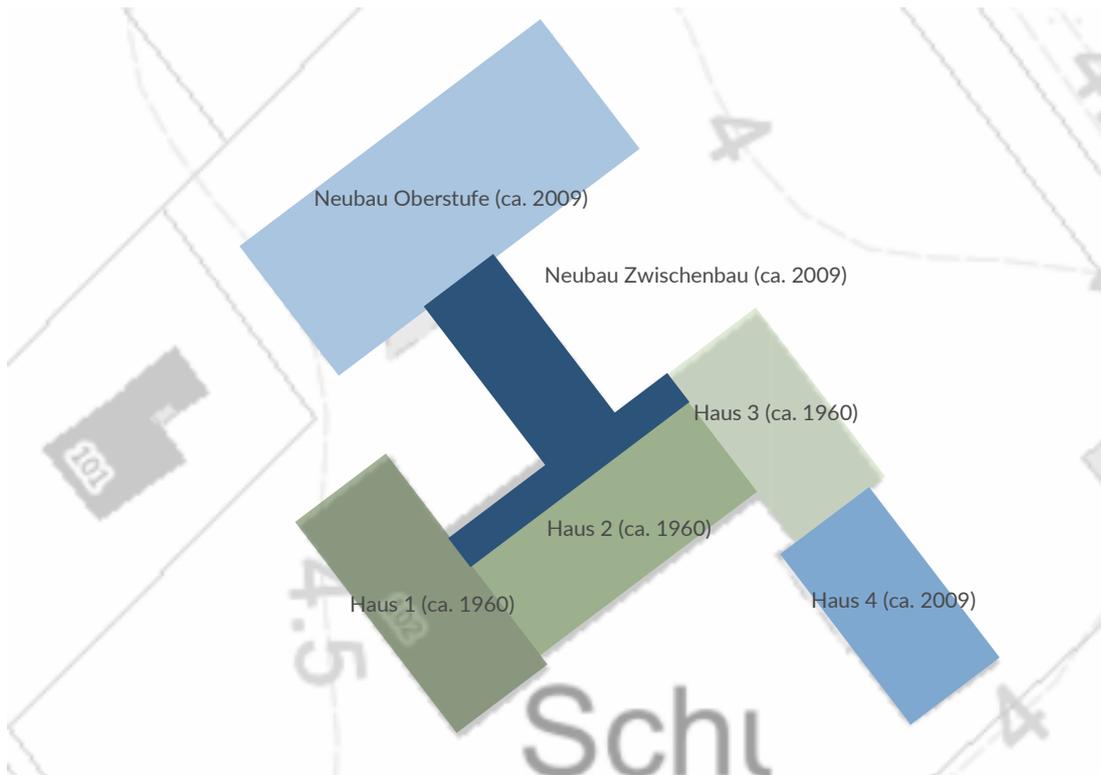


Abbildung 2 Lageplan, Aufteilung der Liegenschaft nach Baujahren

NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 09.12.2022)

Im Neubau Oberstufe sind überwiegend zweifach verglaste Fenster mit Holzrahmen aus dem Baujahr 2009 verbaut. In Türbereichen haben die Fensterflächen Alurahmen. Die Fenster im Neubau Zwischentrakt und in Haus 4 verfügen ebenfalls über Alurahmen, sind zweifach verglast und aus dem Jahr 2009. Die Fenster im Altbau (Haus 1 bis Haus 3) wurden überwiegend im Jahr 2021 erneuert. Nur einzelne Fenster in Haus 3 stammen noch aus den 1990er Jahren.

Es sind stabförmige Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen mit elektronischen und konventionellen Vorschaltgeräten vorhanden. Im Neubau Oberstufe sind die Leuchten mit Präsenzmeldern und Tageslichtsensoren ausgestattet.

Die Schule wird über eine Gasbrennwertheizung mit einer Leistung von 160 kW (Brötje SGB 2 160) vorhanden, welche im Jahr 2009 eingebaut wurde. Die Warmwasserversorgung erfolgt über elektrisch betriebene Warmwasserspeicher, welche sich direkt an den Abnahmestellen (z. B. Putzraum) befinden.

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	1.1.11 Soeste Schule Barßel – Außenstelle Elisabethfehn
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude
Straße, Hausnr.	Schleusenstraße 102
PLZ, Ort	26676 Barßel
Baujahr	1960/ 2009
Nutzung	Förderschule

Tabelle 2 Fortsetzung Allgemeine Daten

<b>Name/Bezeichnung</b>	<b>1.1.11 Soeste Schule Barßel – Außenstelle Elisabethfehn</b>	
Vollgeschosse	1 (Neubau Zwischenbau, Haus 4) 2 (Haus 1 – Haus 3, Neubau Oberstufe)	
Beheiztes Gebäudevolumen V		7.717,99 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche ANGF		1.928,20 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche		5.426,83 m <sup>2</sup>
Geschosshöhe	2,00 m (Kellergeschoss) 3,00 m – 3,10 m (Erdgeschoss) 2,80 m - 3,00 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 folgende Abbildung 3 bis Abbildung 14 geben einen Eindruck von dem betrachteten Schulgebäude.



Abbildung 3 Außenansicht, Blickrichtung Norden



Abbildung 4 Außenansicht, Blickrichtung Westenn



Abbildung 5 Außenansicht, Blickrichtung Westen



Abbildung 6 Dachraum Haus 4



Abbildung 7 Dachraum Haus 1



Abbildung 8 Musikraum



Abbildung 9 Klassenraum



Abbildung 10 Büroraum



Abbildung 11 Kellergeschoss



Abbildung 12 Elektro-Warmwasserspeicher



Abbildung 13 Erdgas-Brennwertkessel



Abbildung 14 Heizungsverteilung

### 3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

Die folgende Abbildung 15 zeigt das simulierte Gebäude in einer 3D-Ansicht. In Abbildung 16 ist zudem die Zonierung des Gebäudes sichtbar, welche für die Erstellung der Energiebilanz nach DIN V 18599 gewählt wurde.



Abbildung 15 3D-Ansicht der Soeste Schule Barßel – Außenstelle Elisabethfehn (Simulation)

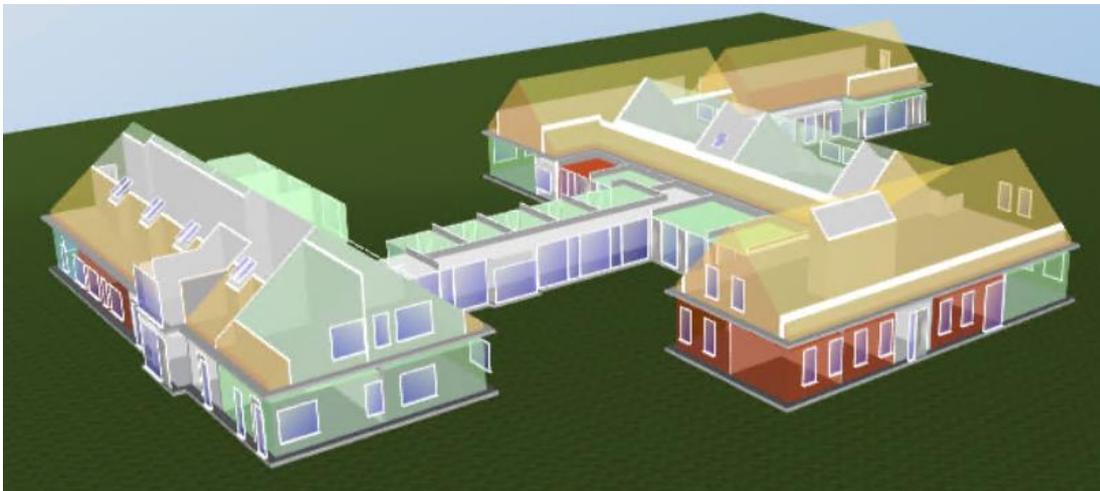


Abbildung 16 3D-Ansicht der Soeste Schule Barßel – Außenstelle Elisabethfehn, zonierte (Simulation)

Die gewählten Nutzungsprofile sowie die Art der Konditionierung und die Größe der einzelnen Zonen können der Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3 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, EVG	984	51,1
Verkehrsfläche	19	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG, EVG	619	32,1
Sonstige Aufenthaltsräume	17	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG, EVG	195	10,1
WC und Sanitärräume in NWG	16	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG, EVG	130	6,7
Summe				1.928	100
unbeheizt				787	

Die Zonierung im Grundriss sowie die Legende, der die Farbgebung der Zonen zu entnehmen ist, sind in der Abbildung 17 bis Abbildung 20 dargestellt.

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

Abbildung 17 Nutzungszonen nach DIN V 18599

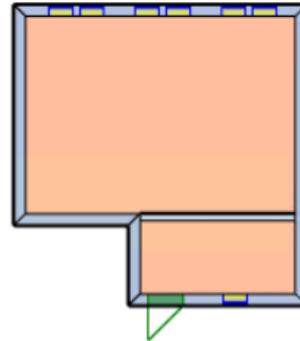


Abbildung 18 Grundriss Kellergeschoss, zonierte



Abbildung 19 Grundriss Erdgeschoss, zonierte

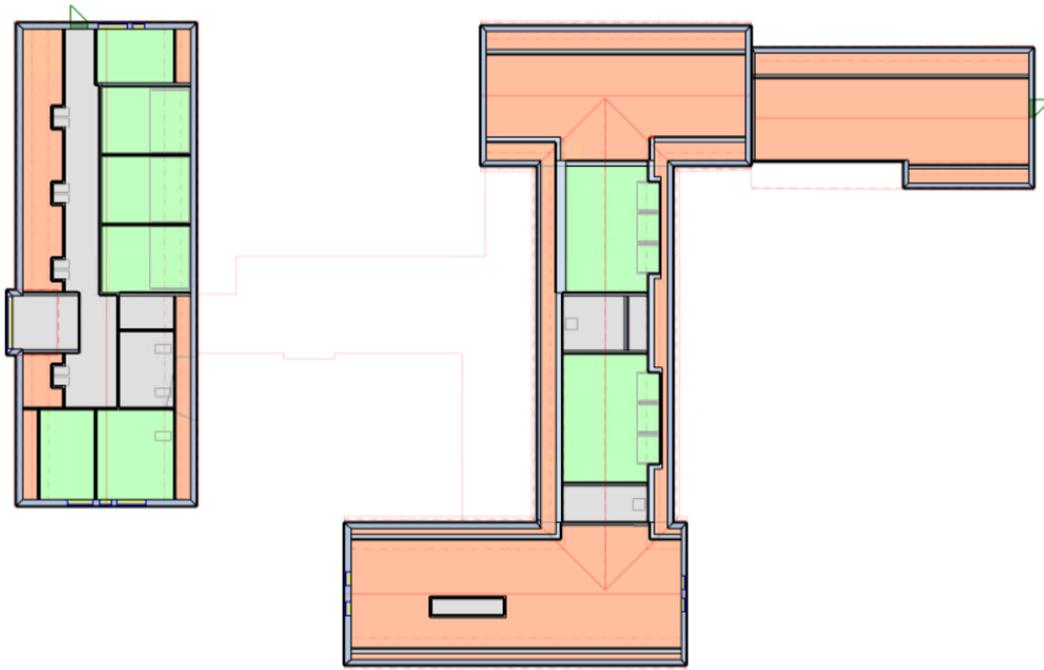


Abbildung 20 Grundriss Obergeschoss, zониert

### 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 4 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 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	123.311	124.626	135.254	149.274	158.054	<b>138.104</b>
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,18	1,08	1,07	1,10	1,14	-
klimabereinigter Ver- brauch (Gas) [kWh/a]	145.786	134.068	144.351	164.433	179.852	<b>153.698</b>
Strom [kWh/a]	29.495	33.448	35.906	36.230	36.230	<b>34.262</b>
Gesamtenergiever- brauch [kWh/a]	175.281	167.516	180.257	200.663	216.082	<b>187.960</b>
Wasser [m <sup>3</sup> /a]	191	210	213	240	249	<b>221</b>

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

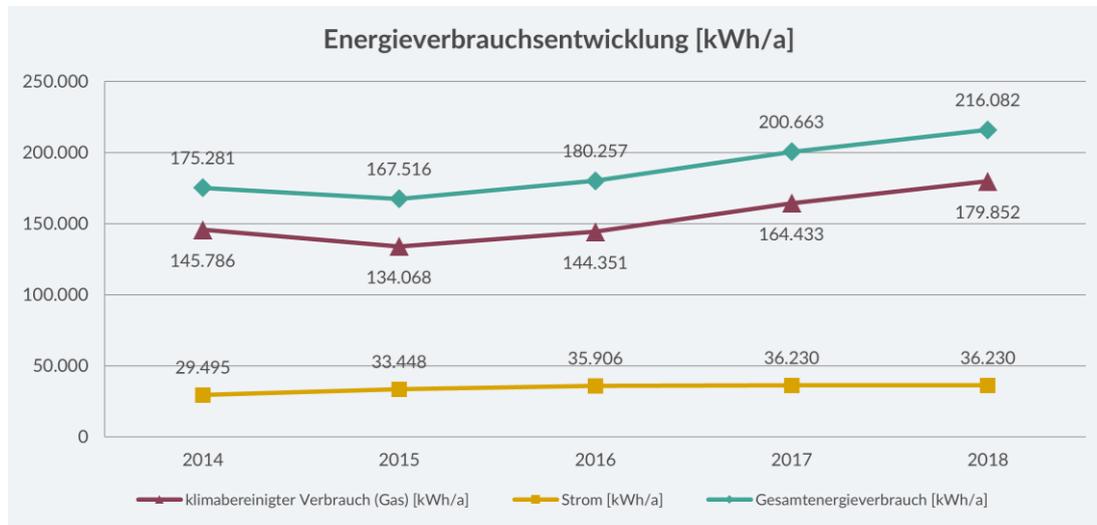


Abbildung 21 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

Der Gasverbrauch ist zwischen 2014 und 2015 von knapp 146.000 kWh auf ca. 134.000 kWh, d. h. um ca. 12.000 kWh gesunken. Bis 2018 stieg der Gasverbrauch dann deutlich bis auf ca. 180.000 kWh, d. h. um ca. 46.000 kWh an. Von 2014 bis 2017 ist der Stromverbrauch um ca. 6.500 kWh, von ca. 29.500 kWh auf ca. 36.000 kWh gestiegen. Bis 2018 blieb der Stromverbrauch dann konstant.

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

Tabelle 5 Energieverbrauchskennwerte

Schulen ohne Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	18	13
Wärme	56	80	97
Wasser	64	114	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.

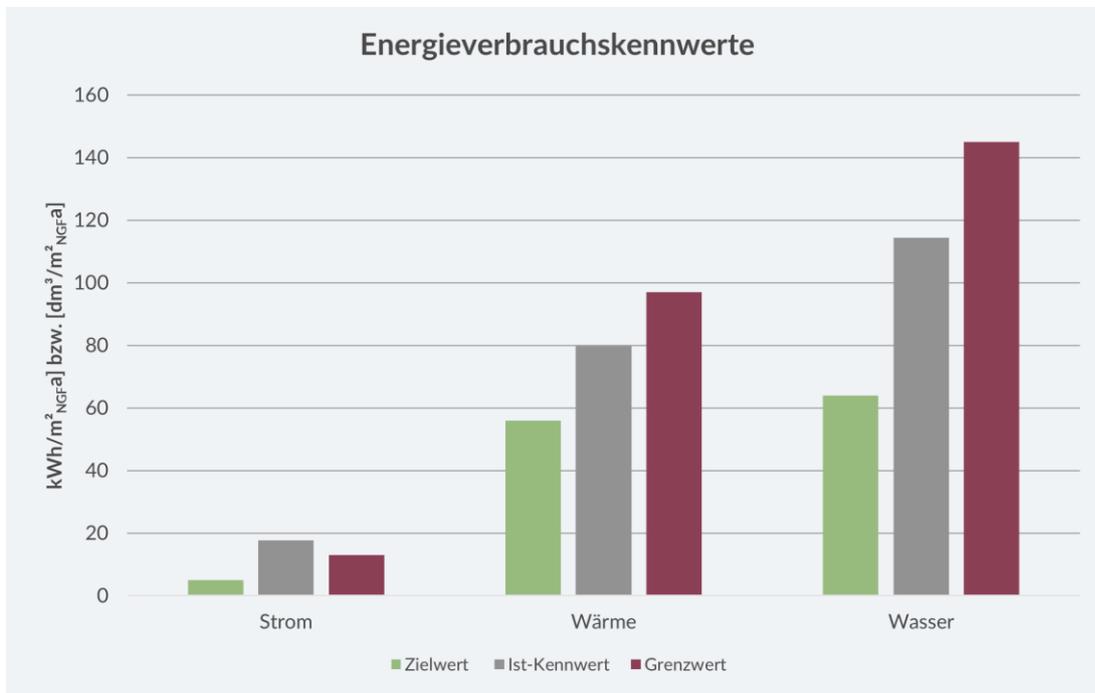


Abbildung 22 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Wärme und Wasser liegen zwischen den jeweiligen Ziel- und Grenzwerten. Der Kennwert für Strom liegt deutlich über dem Vergleichsgrenzwert. Hier könnte eine Umstellung der Beleuchtung auf hocheffiziente LED-Beleuchtung den Stromverbrauch 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.

#### 3.5.1 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 6 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]		
	Ist-Zustand	GEG <sup>5</sup>	BEG-Förderung <sup>6</sup>
<i>Bauteilgruppe: Bodenflächen gegen unbeheizt</i>			
<b>Bodenplatte gegen Erdreich (Neubauten 2009)</b>	<b>0,35</b>		
<b>Bodenplatte gegen Erdreich (Altbau 1960)</b>	<b>1,20</b>	0,30	0,25
<b>Bodenplatte gegen ungeheizten Keller (Altbau 1960)</b>	<b>1,00</b>		
<i>Bauteilgruppe: Außenwand</i>			
<b>Außenwände (Neubauten 2009)</b>	<b>0,24</b>	0,24	0,20
<b>Außenwände (Altbau 1960)</b>	<b>1,40</b>		
<i>Bauteilgruppe: Dachflächen, Decken gegen unbeheizte Räume</i>			
<b>Satteldach (Neubauten 2009)</b>	<b>0,20</b>		
<b>Satteldach (Altbau 1960)</b>	<b>1,40</b>	0,20	
<b>Flachdach (Neubau Zwischentrakt 2009)</b>	<b>0,20</b>		
<b>Oberste Geschossdecke, nicht ausgebauter Dachraum, ungedämmt (Altbau Haus 1, 1960)</b>	<b>0,70</b>		0,14
<b>Oberste Geschossdecke, nicht ausgebauter Dachraum, gedämmt (Altbau Haus 3, 1960, Neubauten 2009)</b>	<b>0,20</b>	0,24	
<i>Bauteilgruppe: Fenster</i>			
<b>Fenster, zweifach verglast (2009/2021)</b>	<b>1,30</b>	1,30	
<b>Dachflächenfenster, zweifach verglast (2009/2021)</b>	<b>1,40</b>	1,40	0,95
<b>Fenstertüren (2009)</b>	<b>1,30</b>		
<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.

### 3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

In den vorliegenden Grundrissen des Gebäudes sind Angaben zu den Wandaufbauten der im Jahr 2009 errichteten Gebäudeteile enthalten (Neubau Oberstufe, Neubau Zwischentrakt, Haus 4). Diese wurden zur Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der entsprechenden Außenwände verwendet und in der Tabelle 7 bis Tabelle 10 dargestellt. Fehlende Schichtdichtdicken und Informationen zur Wärmeleitfähigkeit der Bauteilschichten wurden mittels Literaturangabe<sup>7</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten ergänzt.

Tabelle 7 Wandaufbau Neubau Oberstufe

<b>Wandaufbau Neubau Oberstufe (von warm nach kalt)</b>	
Innenputz	1,5 cm
KS-Mauerwerk	24,0 cm
Wärmedämmung	10,0/12,0 cm
Luftschicht	2,0/4,0 cm
Klinkermauerwerk	11,5 cm
U-Wert, geschätzt	0,24 W/m <sup>2</sup> K

Tabelle 8 Wandaufbau Neubau Zwischentrakt

<b>Wandaufbau Neubau Zwischentrakt (von warm nach kalt)</b>	
Gipskarton	2x1,25 cm
Unterkonstruktion	10,0 cm
Dampfsperre	
Schalung OSB	2,0 cm
Wärmedämmung	12,0 cm
Schalung OSB	2,0 cm
Windsperre	
Luftschicht	4,0 cm
Faserzementplatte	
U-Wert, geschätzt	0,24 W/m <sup>2</sup> K

<sup>7</sup> „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

Tabelle 9 Wandaufbau Haus 4

<b>Wandaufbau Haus 4 (von warm nach kalt)</b>	
Innenputz	1,5 cm
KS-Mauerwerk	24,0/17,5 cm
Wärmedämmung	12,0 cm
Luftschicht	4,0/5,0 cm
Faserzementplatte	0,8 cm
U-Wert, geschätzt	0,24 W/m <sup>2</sup> K

Tabelle 10 Wandaufbau Gaube Neubau Oberstufe

<b>Wandaufbau Gaube Neubau Oberstufe (von warm nach kalt)</b>	
Gipskarton	1,25 cm
Sparschalung	2,4 cm
Dampfsperre	
OSB Beplankung	2,0 cm
Wärmedämmung/Holzständer	12,0 cm
OSB Beplankung	2,0 cm
Wärmedämmung	12,0 cm
Windsperre	
Luftschicht	4,0 cm
Fassadensperrholz	1,5 cm
U-Wert, geschätzt	0,24 W/m <sup>2</sup> K

### 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>Brennwertkessel: Brötje SGB 2 160</i>
	<i>Baujahr: 2009</i>
	<i>Nennleistung: 160 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>Umwälzpumpen geregelt</i>
	<i>Übergabe an alle Zonen über Heizkörper</i>

#### 3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt dezentral an den jeweiligen Abnahmestellen (z. B. Putzmittelraum) über 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 in Barßel-Elisabethfehn erfolgt über Leuchtstoffröhren mit konventionellen und elektronischen Vorschaltgeräten (KVG/EVG). Im Neubau Oberstufe sind die Leuchten mit Präsenzmeldern und Tageslichtsensoren ausgestattet. 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 Außenstelle der Soeste Schule in Elisabethfehn 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 11 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599

<b>Endenergiebedarfskennwerte<sup>8</sup> des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
Heizung	210,21
Beleuchtung	3,96

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

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

Tabelle 12 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

<b>Endenergiebedarfskennwerte<sup>8</sup> des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
Heizung	93,38
Beleuchtung	4,53

**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.

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

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 13 Darstellung der jährlichen Verluste

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
<b>Transmissionsverluste</b>		
Dach	44.958	31,3
Außenwand	40.658	28,3
Fenster	31.132	21,7
Keller/Erdreich	26.758	18,7
<b>Gesamt</b>	<b>143.506</b>	<b>100,0</b>
<b>Lüftungsverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>48.544</b>	<b>100,0</b>
<b>Anlagenverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>57.668</b>	<b>100,0</b>

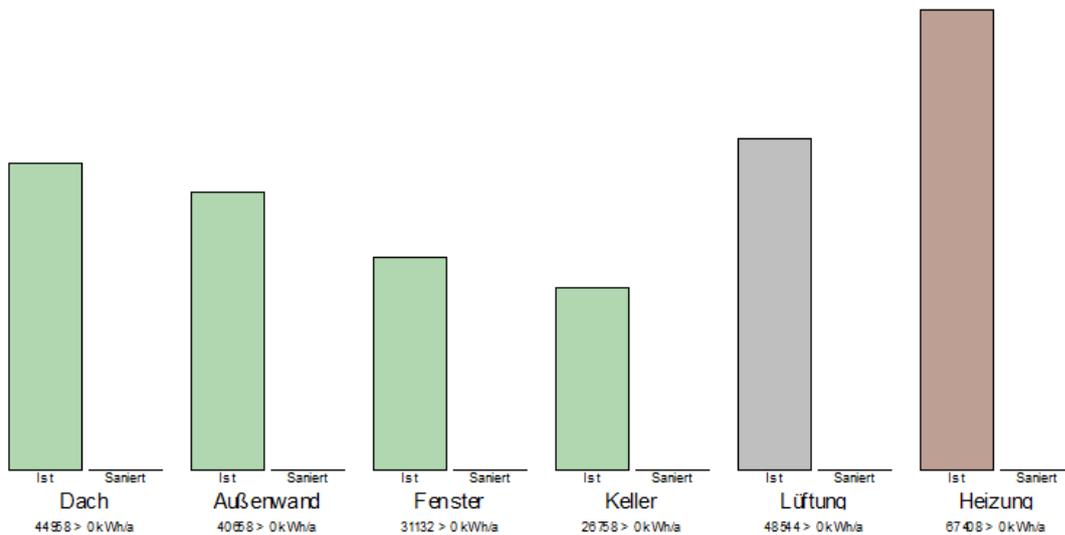


Abbildung 23 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

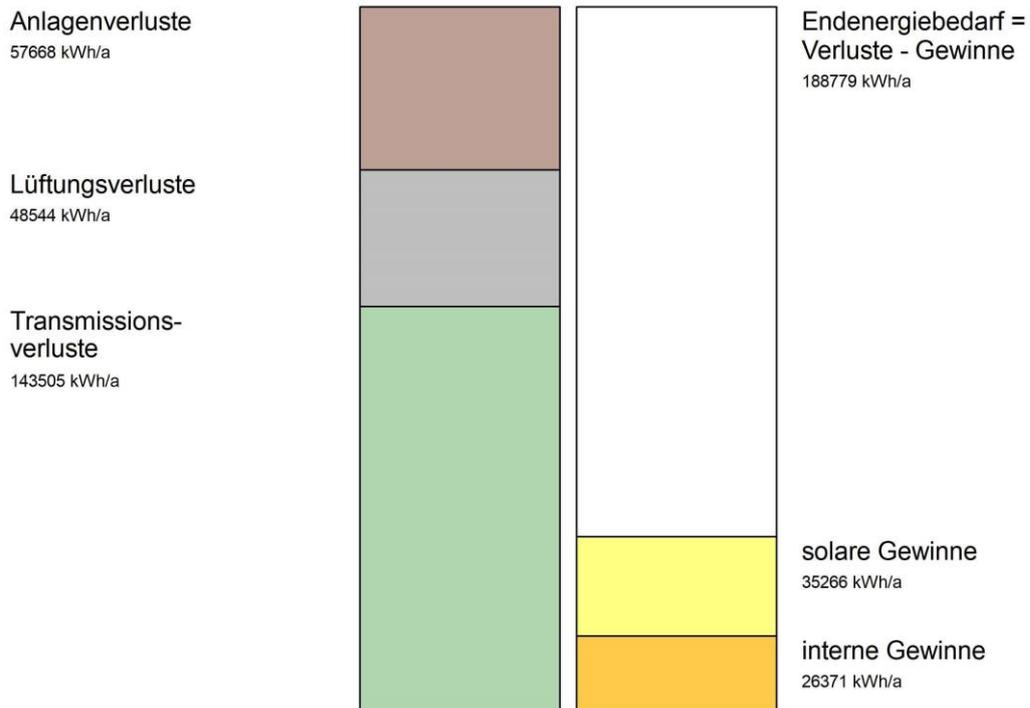


Abbildung 24 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 101 kWh/m<sup>2</sup>a.

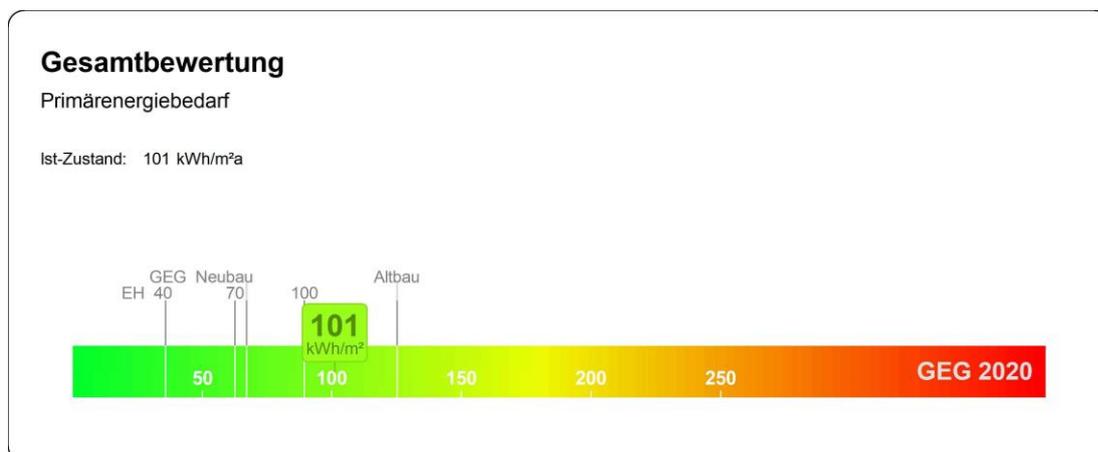


Abbildung 25 Gesamtbewertung des Gebäudes

Der energetische Ist-Zustand der Außenstelle der Soeste Schule in Barßel-Elisabethfehn ist dem Baualter entsprechend gut. Teile des Gebäudekomplexes wurden erst 2009 errichtet. Bei den älteren Bauteilen aus dem Jahr 1960 wurden teilweise bereits energetische Verbesserungsmaßnahmen (u. a. Fenstertausch) durchgeführt. 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	216,2	□ 200,6	143,3	□ 57,3	□ 78,8	□ 100,3	□ 143,3	☑ 229,3
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,44	☑ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	□ 0,26	□ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	1,3	☑ 2,7		□ 1,0	□ 1,2	☑ 1,4	☑ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,4	☑ 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) Verbrauchspreise je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 14 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg.

Tabelle 14 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 15 dargestellten Werte aus aktuellen Tarifen festgelegt. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 15 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 16 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 (SV) dargestellt:

#### Empfohlene Sanierungsvarianten:

- Var.1 - Kellerdeckendämmung
- Var.2 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)
- Var.3 - Sole-Wasser-Wärmepumpe (SWP)
- Var.4 - PV-Anlage
- Var.5 - LED-Beleuchtung
- Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)
- Var.7 - Maßnahmenkombination
- Var.8 - Maßnahmenkombination nur mit SWP

#### 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. 4.9).

### 4.2 SV 1: KELLERDECKENDÄMMUNG

Der östliche Bauteil Haus 3 der Soeste Schule ist teilunterkellert, wobei die massive Kellerdecke ungedämmt ist (vgl. Abbildung 27).

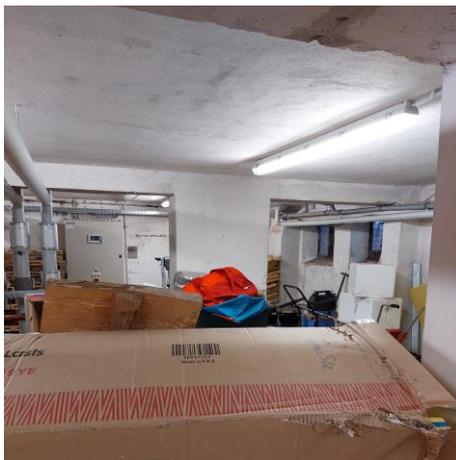


Abbildung 27 Kellerdecke Haus 3, ungedämmt

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	89,72	3.948
<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 592 € beantragt werden.

#### **Energieeinsparung - Variante 1 -**

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes aufgrund der geringen Fläche der zu dämmenden Kellerdecke nur sehr geringfügig.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 188.779 kWh/Jahr reduziert sich auf 188.303 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 477 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 107 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 nicht. 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.

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	3.948 EUR
Mögliche Fördermittel	592 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>3.948 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 18 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 18 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	201	201
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	16.884	103.077
Summe	17.085	103.278
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	16.917	103.333
<b>Einsparung</b>	<b>-168</b>	<b>55</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>25 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 25 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: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE ALTBAU (HAUS 1)

Nach den vorliegenden Informationen sind die obersten Geschossdecken zu unbeheizten Dachräumen der Schule überwiegend gedämmt. Im Bereich von Haus 1 ist noch keine Dämmung der Obersten Geschossdecke vorhanden (vgl. Abbildung 28).



Abbildung 28 Oberste Geschossdecke Haus 1, ungedämmt

Gem. § 47 des GEG (Nachrüstung eines bestehenden Gebäudes) müssen oberste Geschossdecken, die nicht den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 erfüllen, nachträglich so gedämmt werden, dass ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  nicht überschritten wird. In dieser Sanierungsvariante wird daher eine Dämmung der bislang nicht gedämmten obersten Geschossdecken der Schule entsprechend den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) empfohlen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist eine zusätzliche Dämmung in einer Stärke von ca. 10 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 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 18 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 032 angesetzt.

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>Dämmung oberste Geschossdecke</b>	63	528,89	33.320
<b>Enthaltene Leistungen</b>	Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, notwendige Teilabbrüche im Dachraum inkl. Entsorgung, Vorbereitungen, Verlegung Dämmmaterial, gegebenenfalls von Dampfbremsen, Befestigungen, Anschlüsse, Herstellung Fußboden (einfache Ausführung), 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 4.998 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 5 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

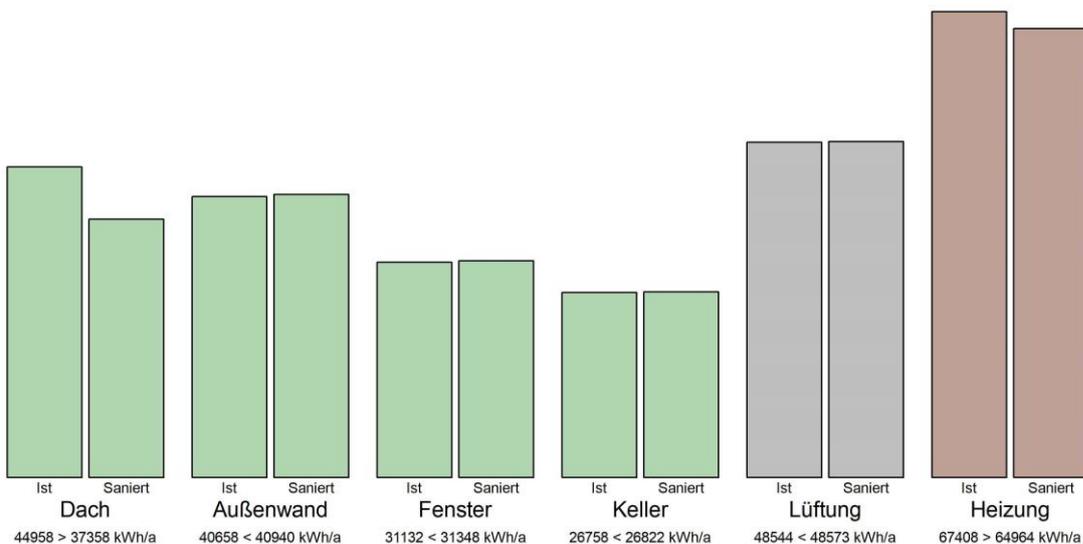


Abbildung 29 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 188.779 kWh/Jahr reduziert sich auf 179.758 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 9.021 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2.021 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 96 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.

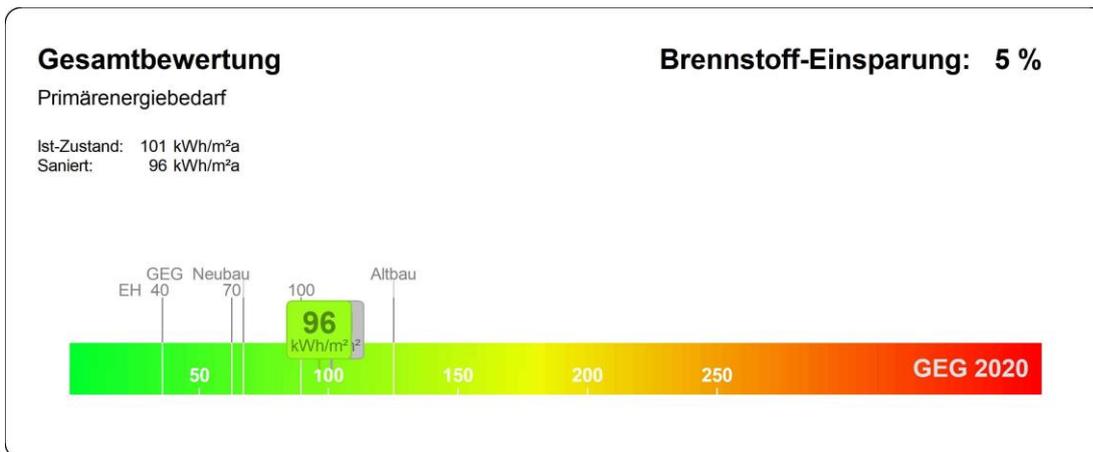


Abbildung 30 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	33.320 EUR
Mögliche Fördermittel	4.998 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>33.320 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 20 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 20 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	1.700	1.700
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	16.274	98.523
Summe	17.974	100.223
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	16.917	103.333
<b>Einsparung</b>	<b>-1.057</b>	<b>3.110</b>
<b>Amortisationszeit</b>	-	<b>12 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 12 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.

#### 4.4 SV 3: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE

Die Außenstelle der Soeste Schule in Elisabethfehn wird über eine Gasbrennwertheizung (Brötje SGB 2 160) aus dem Jahr 2009 mit einer Leistung von 160 kW mit Wärme versorgt (vgl. Abbildung 31).



Abbildung 31 Heizungsanlage

Die vorhandene Heizungsanlage wird um eine Wärmepumpe ergänzt, welche das Gebäude bei einer Gesamtanierung auch vollständig mit Wärme versorgen könnte. Aufgrund des hohen Energiebedarfs des Gebäudes 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 in Elisabethfehn keine

Einschränkungen bekannt (abgerufen am 09.12.2022). 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 09.12.2022). 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. 96,6 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. 73 kW) und der am Standort angenommenen Wärmeentzugsleistung des Bodens (ca. 55 W/m, für wassergesättigten Sand) wurde ermittelt, dass überschlägig 14 Sonden mit einer Tiefe von 100 m erforderlich wären.

Wärmepumpen laufen effizienter, je niedriger die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage eingestellt wird. Hierfür könnten beispielsweise Deckenheizungen in einer abgehängten Decke eingebaut werden. 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 5).

Da die Wärmepumpe einen erhöhten Strombedarf hat, kann diese Maßnahme sinnvoll mit der Installation einer PV-Anlage kombiniert werden (Variante 4).

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>	$(520 * \text{Leistung} + 8.850) * 1,25$	96,6 kW	73.853
<b>Tiefensonden</b>	$(75 * \text{Länge} + 630) * 1,25$	1.335 m	125.944
<b>Erneuerung Regelventile</b>	$(3,5 * \text{Fläche} + 230) * 1,25$	1.928 m <sup>2</sup>	8.723
<b>Einbau intelligente Einzelraumregelung</b>	$(15 * \text{Fläche}) * 1,25$	1.928 m <sup>2</sup>	36.150
<b>Summe</b>			<b>244.670</b>

**Anmerkung:** Die Preise für die Wärmepumpe, die Tiefensonden, den Einbau der Einzelraumregelung und den Einbau der Regelventile beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021. Um aktuelle Preissteigerungen abzubilden, wurden die Werte pauschal um 25% erhöht.

Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

<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>Erneuerung Regelventile</b>	Neue Regelventile (Voreinstellbare Thermostatventile, Strangreguliertventile), gegebenenfalls notwendige geringe Anpassungen am hydraulischen System, Lohnkosten.
<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 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.

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

<b>Info</b>	Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz.
<b>Förderquote</b>	Bis zu 30 % 25 % Wärmepumpe + 5 %, da die Wärmepumpe die Wärmequelle Erdreich oder Grundwasser nutzt
<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 73.401 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 59 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

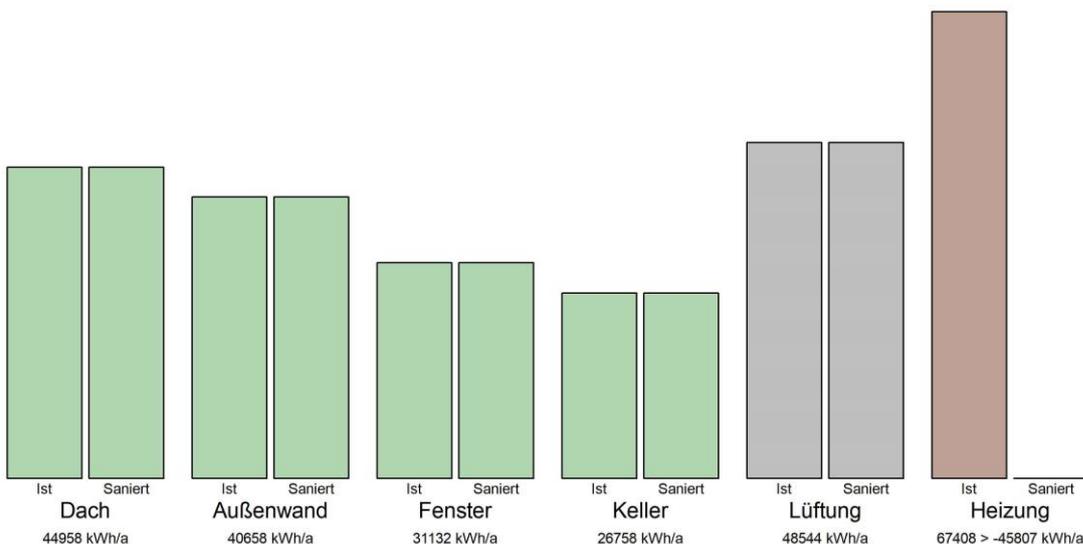


Abbildung 32 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 188.779 kWh/Jahr reduziert sich auf 76.615 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 112.164 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 7.357 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 66 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.

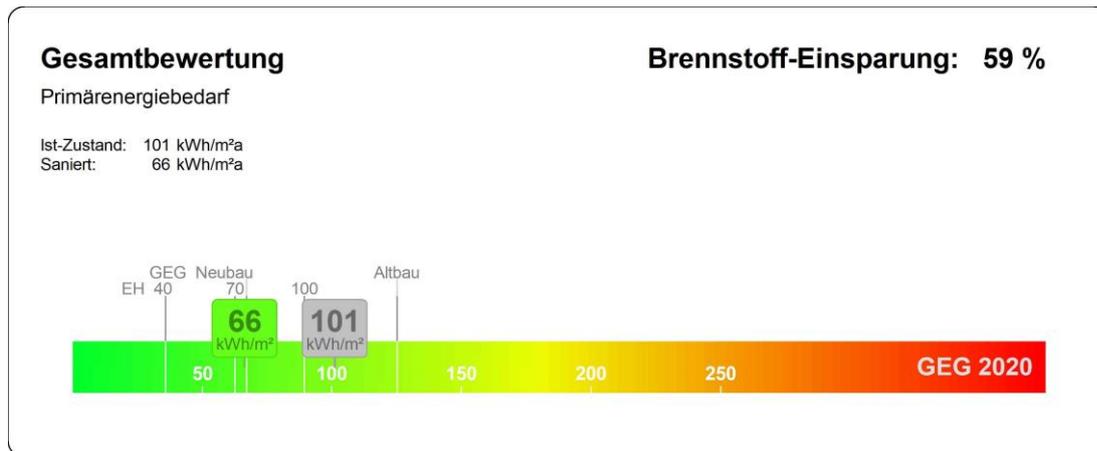


Abbildung 33 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	244.670 EUR
Mögliche Fördermittel	73.401 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>244.670 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 22 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 22 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	16.446	16.446
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	17.490	42.378
<i>Summe</i>	33.936	58.824
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	14.130	86.310
<b><i>Einsparung</i></b>	<b>-19.806</b>	<b>27.486</b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b>-</b>	<b>8 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 8 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.

#### 4.5 SV 4: PV-ANLAGE

In dieser Sanierungsvariante wird die Errichtung einer PV-Anlage vorgeschlagen, um den aktuellen Strombedarf und den durch den Einbau einer Wärmepumpe (Variante 3) ggf. steigenden Strombedarf zu decken. In der Simulation wurde die Dachfläche des südwestlichen Bauteils Haus 1 vollbelegt (Südwest-Ausrichtung). Bei den übrigen Dachflächen wurden aufgrund des höheren Verschattungspotenzials keine PV-Module simuliert (vgl. Abbildung 34). 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 eine Machbarkeitsanalyse. Die endgültige Planung der PV-Anlage ist durch ein Fachplanungsbüro durchzuführen. Des Weiteren ist eine statische Prüfung der Dächer, für die eine Belegung mit einer PV-Anlage geplant werden soll, durchzuführen.



Abbildung 34 Vorschlag Dachbelegung mit einer PV-Anlage  
(Quelle: Simulation mit PV\*SOL)

---

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

Die Ergebnisse der Simulation sind in der folgenden Tabelle 23 bis Tabelle 26 zusammengefasst.

Tabelle 23 PV-Anlage

<b>PV-Generatorleistung</b>	34,85 kWp
<b>Spez. Jahresertrag</b>	1.022,96 kWh/kWp
<b>Anlagennutzungsgrad (PR)</b>	91,96 %
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz) mit Batterie</b>	35.655 kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	14.327 kWh/Jahr
Batterieladung	2.556 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	18.771 kWh/Jahr
<b>Eigenverbrauchsanteil</b>	47,3 %
<b>Vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	16.655 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Tabelle 24 Verbraucher

<b>Verbraucher</b>	34.262 kWh/Jahr
<b>Standby-Verbrauch (Wechselrichter)</b>	4 kWh/Jahr
<b>Gesamtverbrauch</b>	34.266 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	14.327 kWh/Jahr
...gedeckt durch Batterie netto	2.352 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	17.587 kWh/Jahr
<b>Solarer Deckungsanteil</b>	48,7 %

Gesamtverbrauch

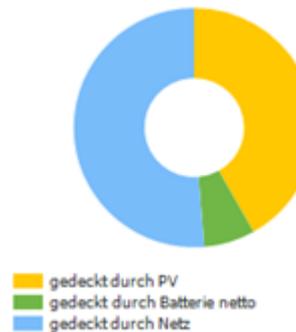


Tabelle 25 Batteriesystem

<b>Ladung am Anfang</b>	11 kWh
<b>Batterieladung (Gesamt)</b>	2.559 kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	2.556 kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	3 kWh/Jahr
<b>Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung</b>	2.355 kWh/Jahr
<b>Verluste durch Laden/Entladen</b>	167 kWh/Jahr
<b>Verluste in Batterie</b>	47 kWh/Jahr
<b>Zyklenbelastung</b>	5,1 %
<b>Lebensdauer</b>	20 Jahre

Tabelle 26 Autarkiegrad

<b>Gesamtverbrauch</b>	34.266 kWh/Jahr
<b>gedeckt durch Netz</b>	17.587 kWh/Jahr
<b>Autarkiegrad</b>	48,7 %

Die nachfolgende Abbildung 35 zeigt die prognostizierte Deckung des Stromverbrauchs durch die PV-Anlage mit Batteriespeicher über ein Jahr.

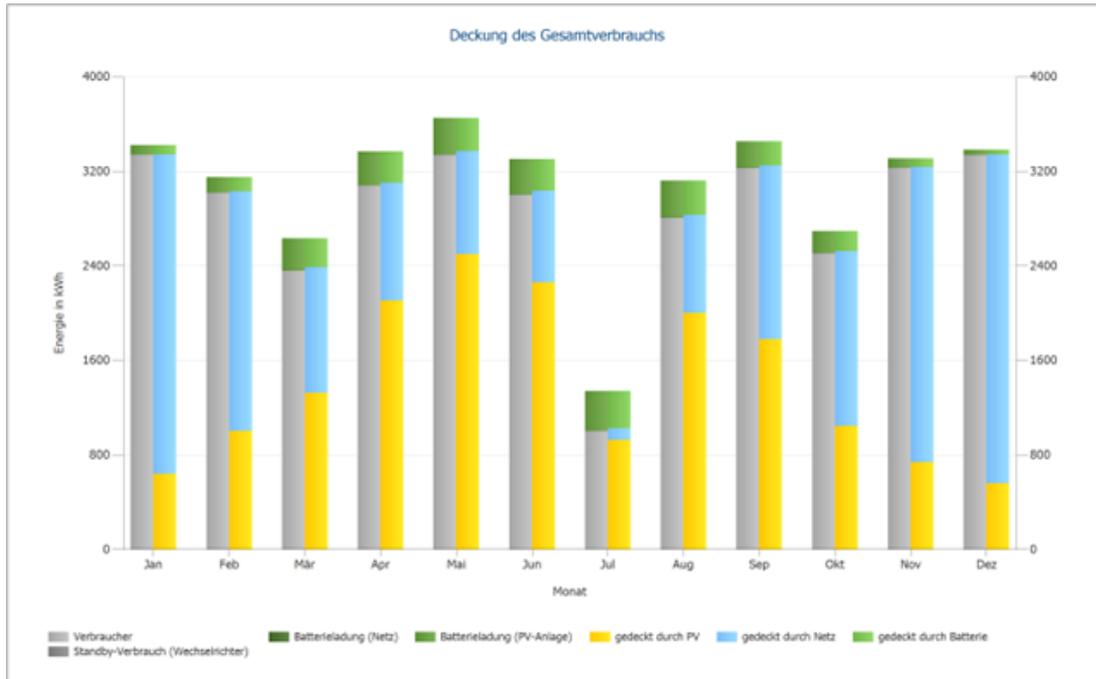


Abbildung 35 Deckung des Gesamtverbrauchs

### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ist in der Tabelle 27 und Tabelle 28 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 27 Zahlungsübersicht

<b>spezifische Investitionskosten</b>	1.360,90 €/kWp
<b>Investitionskosten</b>	47.427,50 €
<b>Investitionen</b>	40.077,50 €
<b>Batterie</b>	7.350,00 €

Tabelle 28 Vergütung und Einspeisung

<b>Gesamtvergütung im ersten Jahr</b>	1.392,02 €/Jahr
<b>Ersparnisse im ersten Jahr</b>	3.968,57 €/Jahr
<b>EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen</b>	
Gültigkeit	07.12.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,074 €/kWh
Einspeisevergütung	1.392,02 €/Jahr
<b>LK Cloppenburg (Example)</b>	
Arbeitspreis	0,238 €/kWh
Grundpreis	50 €/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	4 %/Jahr

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

#### 4.6 SV 5: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die in der Schule 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	619,11	27.860
WC- und Sanitärräume	90	129,59	11.663
Klassenzimmer	80	984,81	78.785
Sonstige Aufenthaltsräume	80	194,69	15.575
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>133.883</b>

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

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

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

<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 20.082 € 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 33.471 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Eine Kumulation der beiden Förderprogramme ist nicht möglich.

#### **Energieeinsparung - Variante 5 -**

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 188.779 kWh/Jahr reduziert sich auf 187.662 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.117 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.676 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.

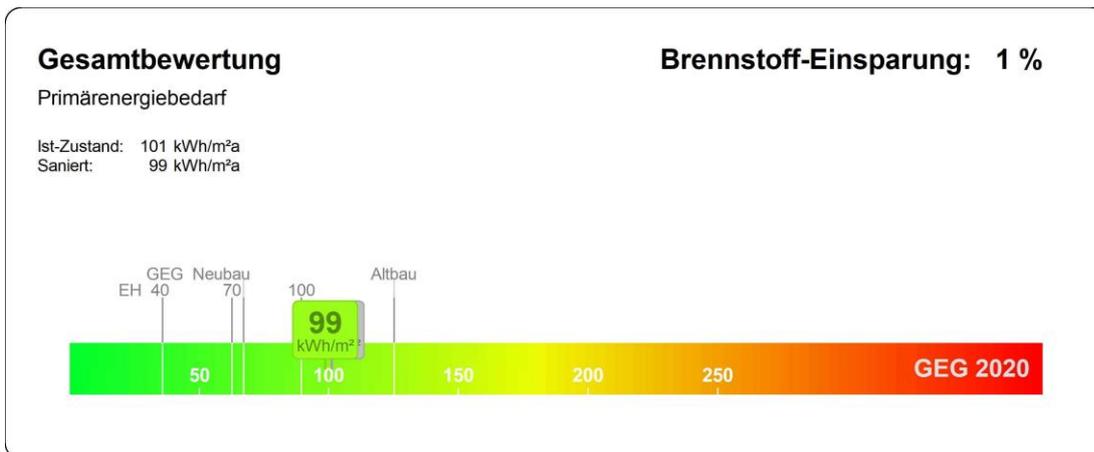


Abbildung 36 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 29 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	133.883 EUR
Mögliche Fördermittel - BEG EM (15 %)	20.082 EUR
Mögliche Fördermittel - Kommunalrichtlinie (25 %)	33.471 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>133.883 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 30 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 30 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	8.999	8.999
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	12.749	84.806
Summe	21.748	93.805
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	14.130	86.310
<b>Einsparung</b>	<b>-7.618</b>	<b>-7.495</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.

#### 4.7 SV 6: AUßENWANDDÄMMUNG ALTBAU (1960)

Die verklankerten Außenwände des Altbaus von 1960 (Haus 1 bis Haus 3) befinden sich im Zustand des Baualters (vgl. Abbildung 37).



Abbildung 37 Außenansicht

Die Außenwände entsprechen daher nicht den aktuellen Anforderungen des GEG und werden in dieser Sanierungsvariante nachträglich von außen 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 Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 ausreichen.

In der Förderrichtlinie zur BEG EM wird ein U-Wert der nachträglich gedämmten Außenwände von  $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  gefordert. In der Simulation wird für die Außenwände daher eine Dämmstärke von 14 cm

mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 032 angenommen. 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>	<b>180,00</b>	<b>663,54</b>	<b>119.438</b>
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>119.438</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 Verklankerung, Reinigung der freigelegten Wandflächen für das Anbringen der Wärmedämmung, Vollflächiges Anbringen und Verdübeln der Dämmschicht.

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 17.916 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 13 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

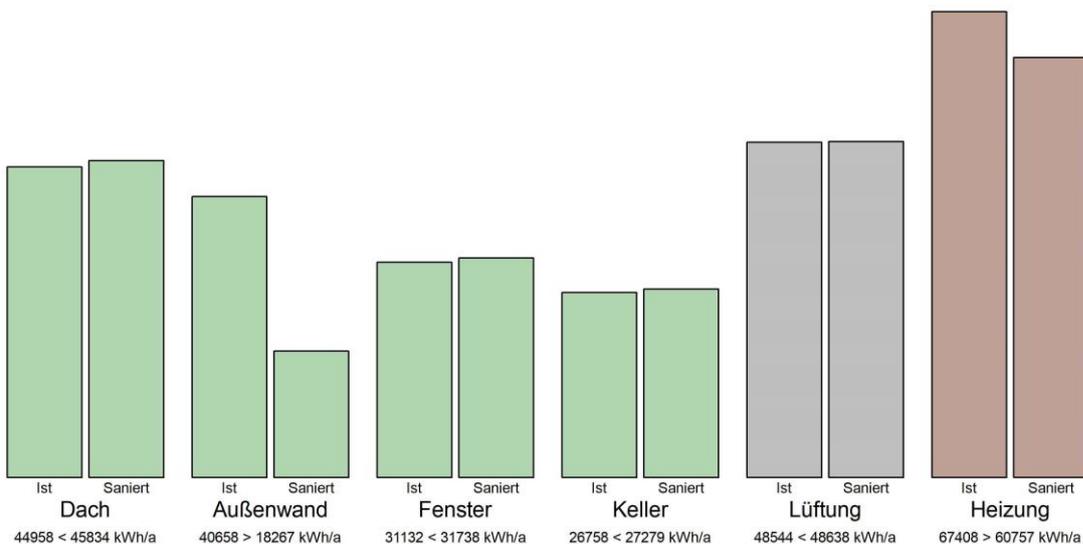


Abbildung 38 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 6

Der derzeitige Endenergiebedarf von 188.779 kWh/Jahr reduziert sich auf 163.801 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 24.978 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5.594 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 88 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.

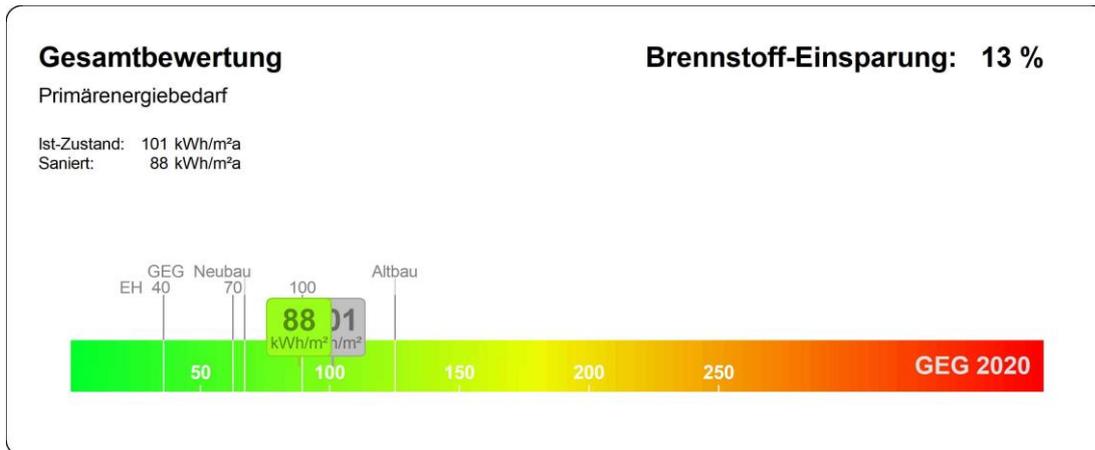


Abbildung 39 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 31 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	119.438 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	43.130 EUR
Mögliche Fördermittel	17.916 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>76.308 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 32 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 32 Einsparpotenzial, SV 6

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	3.893	3.893
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	15.140	90.021
Summe	19.033	93.914
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	16.917	103.333
<b>Einsparung</b>	<b>-2.116</b>	<b>9.419</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.

#### 4.8 SV 7: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Sole-Wasser-Wärmepumpe (SWP)

Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

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

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

<i>Fördermöglichkeiten</i>					
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>	
<b>Var. 1</b> Kellerdeckendämmung	BEG EM	3.948	15	bis zu 592	
<b>Var. 2</b> Dämmung OGD Altbau (Haus 1)	BEG EM	33.320	15	bis zu 4.998	
<b>Var. 3</b> Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe	BEG EM	244.670	30	bis zu 73.401	
<b>Var. 4</b> PV-Anlage	-	40.078	-	-	
Batteriespeicher	-	7.350	-	-	
<b>Var. 5</b> LED-Beleuchtung	BEG EM	133.883	15	bis zu 20.082*	
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 33.471	
<b>Var. 6</b> Außenwanddämmung	Kommunalrichtlinie	119.438	15	bis zu 17.916	
<b>Summe</b>		582.687		bis zu 130.378	

\* In der Summe der Fördermittel nicht berücksichtigt.

Über das Förderprogramm der BEG und der Kommunalrichtlinie könnte ein Zuschuss von bis zu 130.378 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 % für die Maßnahme 5) beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 7 -**

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 68 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

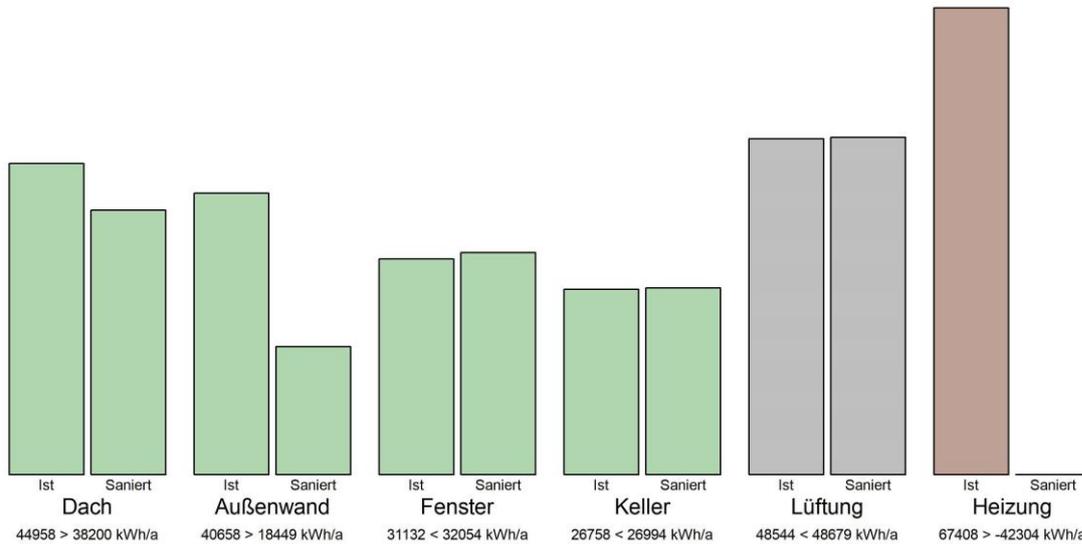


Abbildung 40 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 7

Der derzeitige Endenergiebedarf von 188.779 kWh/Jahr reduziert sich auf 61.245 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 127.534 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 25.695 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 33 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.

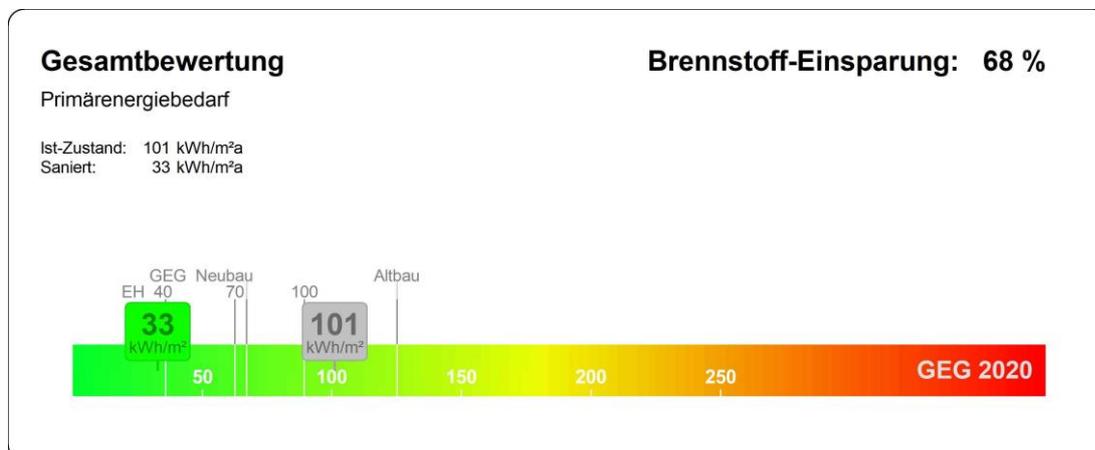


Abbildung 41 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 33 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	582.687 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	43.130 EUR
Mögliche Fördermittel	130.378 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>539.557 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 34 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 34 Einsparpotenzial, SV 7

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	41.256	41.256
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	16.313	40.178
Summe	57.569	81.434
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	16.917	103.333
<b>Einsparung</b>	<b>-40.652</b>	<b>21.899</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>26 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. Unter der Annahme der neuen, höheren Preise beträgt die Amortisationszeit der Maßnahme 26 Jahre.

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 NUR MIT SWP

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - Kellerdeckendämmung

Var.2 - Dämmung OGD Altbau (Haus 1)

Var.3 - Sole-Wasser-Wärmepumpe (SWP)

Var.4 - PV-Anlage

Var.5 - LED-Beleuchtung

Var.6 - Außenwanddämmung Altbau (1960)

kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Zudem wird die vorhandene Heizungsanlage entfernt, sodass das Gebäude nur über die Wärmepumpe beheizt wird.

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

<i>Fördermöglichkeiten</i>					
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>	
<b>Var. 1</b> Kellerdeckendämmung	BEG EM	3.948	15	bis zu 592	
<b>Var. 2</b> Dämmung OGD Altbau (Haus 1)	BEG EM	33.320	15	bis zu 4.998	
<b>Var. 3</b> Hybrid Sole-Wasser-Wärmepumpe	BEG EM	244.670	30	bis zu 73.401	
<b>Var. 4</b> PV-Anlage	-	40.078	-	-	
Batteriespeicher	-	7.350	-	-	
<b>Var. 5</b> LED-Beleuchtung	BEG EM	133.883	15	bis zu 20.082*	
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 33.471	
<b>Var. 6</b> Außenwanddämmung	Kommunalrichtlinie	119.438	15	bis zu 17.916	
<b>Summe</b>		582.687		bis zu 130.378	

\* In der Summe der Fördermittel nicht berücksichtigt.

Über das Förderprogramm der BEG und der Kommunalrichtlinie könnte ein Zuschuss von bis zu 130.378 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 % für die Maßnahme 5) beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 8 -**

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 68 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

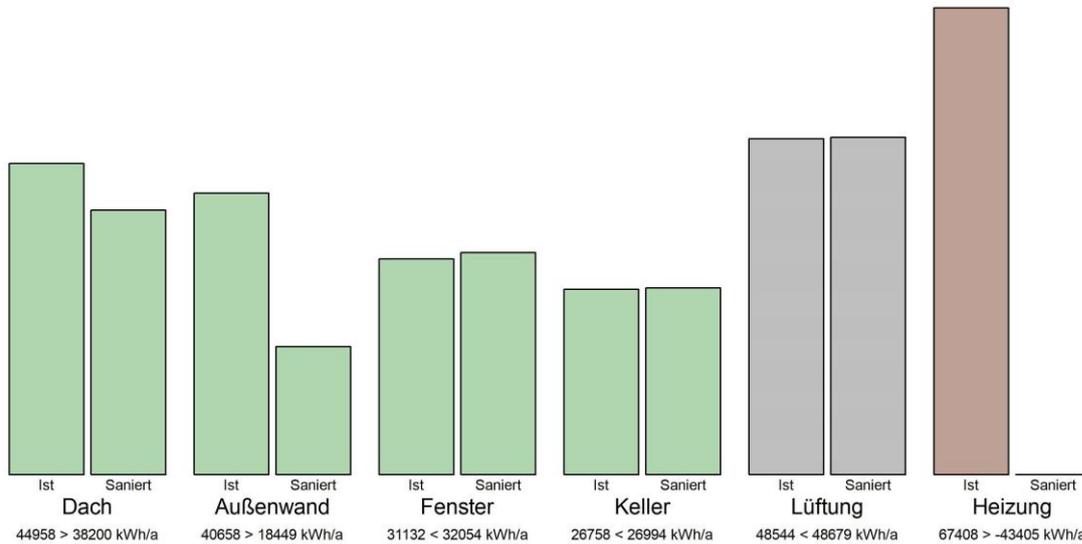


Abbildung 42 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 8

Der derzeitige Endenergiebedarf von 188.779 kWh/Jahr reduziert sich auf 60.159 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 128.620 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 24.134 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können durch diese Maßnahme weniger stark gesenkt werden als in der Maßnahmenkombination Variante 7, in der die vorhandene Gas-Brennwertheizung erhalten bleibt. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Wärmepumpe bei niedrigen Außentemperaturen durch einen elektrischen Heizstab unterstützt wird. Ohne die Gasheizung erhöhen sich die Einsatzzeiten des Heizstabes und somit auch der Stromverbrauch. Derzeit werden noch größere Strommengen aus fossilen Energieträgern erzeugt, sodass ein höherer Strombedarf gleichzeitig zu höheren Emissionen führt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Zusammensetzung des Strom-Mix in den nächsten Jahren verändert und zunehmend Anteile aus regenerativer Stromerzeugung enthalten sein werden. Hierdurch sinken sowohl der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor als auch der Primärenergiefaktor des Strom-Mix.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 36 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.

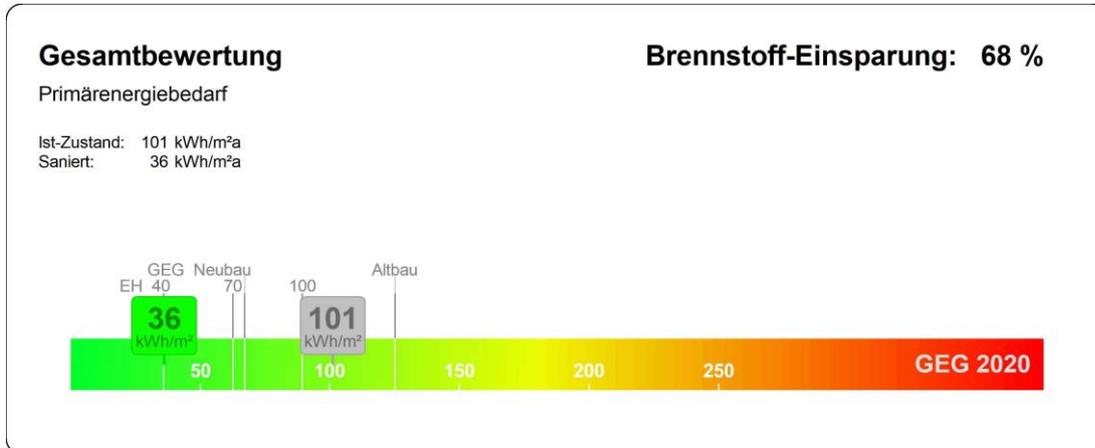


Abbildung 43 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8

### Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 35 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8

Gesamtinvestitionen	582.687 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	43.130 EUR
Mögliche Fördermittel	130.378 EUR
<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>539.557 EUR</b>

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 36 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 36 Einsparpotenzial, SV 8

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	41.256	41.256
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	17.905	40.460
Summe	59.161	81.716

	<i>mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]</i>
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	16.917	103.333
<b>Einsparung</b>	<b>-42.244</b>	<b>21.617</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>26 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. Unter der Annahme der neuen, höheren Preise beträgt die Amortisationszeit der Maßnahme 26 Jahre.

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 37 dargestellt.

Tabelle 37 Kostenannahmen Preisbremse

	<b>Preisbremse</b>
<i>Angenommener durchschnittlicher Gaspreis 2023</i>	0,15 EUR/kWh
<i>Angenommener durchschnittlicher Strompreis 2023</i>	0,41 EUR/kWh

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 38 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. 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 38 Einsparpotenzial, SV 8 mit Preisbremse

	<i>mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	41.256
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	40.131
<b>Summe</b>	<b>81.387</b>

	<i>mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]</i>
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	55.371
<b><i>Einsparung</i></b>	<b>-26.016</b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b>-</b>

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

#### 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 $V_e$	7718,0 m <sup>3</sup>
Hüllfläche A	5272,7 m <sup>2</sup>
Nettogrundfläche $A_{NGF}$	1928,2 m <sup>2</sup>
Fensterfläche	432,6 m <sup>2</sup>
Außentürfläche	89,6 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	116,7	200,6	143,3	57,3	78,8	100,3	143,3	229,3
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,32	0,56		0,18	0,22	0,26	0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	1,3	2,7		1,0	1,2	1,4	1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,4	4,3		1,6	2,0	2,4	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	15191	5,2
Wärmepumpen	154365	53,0

- Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 55 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien). Summe Deckungsgrad: 58,2%
- EE-Klasse Zusatzanforderungen

## 5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Außenstelle der Soeste Schule Barßel in Elisabethfehn. 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 6 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 59 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Einbau einer Sole-Wasser-Wärmepumpe als Ergänzung zu der vorhandenen Gasheizung. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 16 % (mehr als 8 Tonnen pro Jahr) gesenkt werden.

In Bezug auf den baulichen Wärmeschutz bietet die Sanierung der Außenwände der alten Bauteile von 1960 (SV 6) das größte Einsparpotential. Hierdurch könnten ca. 13 % der Endenergie eingespart werden, wodurch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Jahr um ca. 12 % (mehr als 5 Tonnen pro Jahr) sinken würde.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 68 % bzw. an CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 57 % (mehr als 25 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 anderen Maßnahmen kann die eingesetzte Wärmepumpe effizienter arbeiten und auf die vorhandene Gasheizung vollständig verzichtet werden. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem die Ergänzung der vorhandenen Heizungsanlage um eine Wärmepumpe 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 20 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strom-Mix 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.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die dem Verbraucher (im Allgemeinen der Eigentümer) geliefert und mit ihm ab-

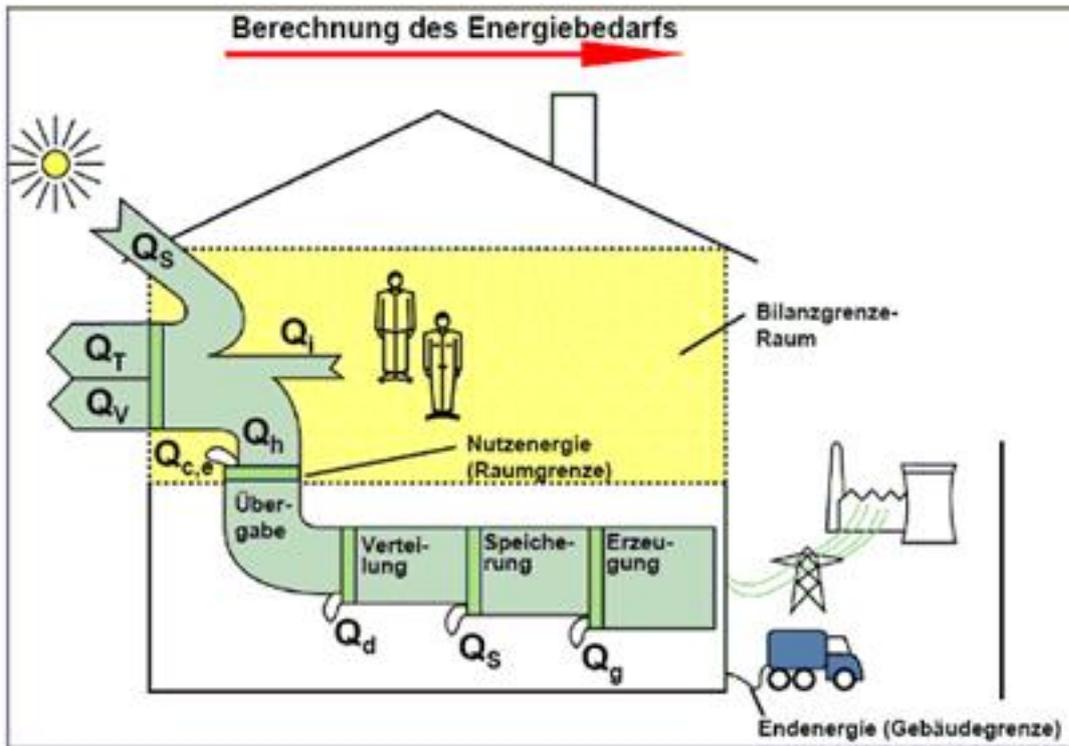


Abbildung 44 Primärenergie

gerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe. Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

### Nutzenergie

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

### Transmissionswärmeverluste $Q_T$

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

### Lüftungswärmeverluste $Q_V$

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

### **Trinkwassererwärmung**

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

### **U-Wert (früher k-Wert)**

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

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

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

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

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

### **Anlagenverluste**

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

### **Wärmebrücken**

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

### **Gebäudevolumen $V_e$**

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

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

Die Wärmeübertragende Umfassungsfläche, auch Hüllfläche genannt, bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft, nicht beheizten Räumen und dem

Erdreich. Sie besteht üblicherweise aus Außenwänden einschließlich Fenster und Türen, Kellerdecke, oberste 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.