



**BERATUNGSBERICHT**  
zur energetischen Betrachtung  
von Nichtwohngebäuden

## FÜR DIE 3-FELD-SPORTHALLE IN CLOPPENBURG

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

**Auftragnehmer**  
energielenker projects GmbH  
Hüttruper Heide 90  
48268 Greven

Ansprechpartner: Christof Kattenbeck

Greven, den 04.04.2023



LANDKREIS  
CLOPPENBURG  
**WIRISTHIER.**

 **energielenker**  
Für Klima und Zukunft

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	4
TABELLENVERZEICHNIS .....	5
1 Einleitung.....	6
2 Zusammenfassung .....	7
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	7
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ .....	9
2.3 INVESTITIONSKOSTEN .....	11
3 Ausgangssituation.....	12
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	12
3.2 FOTODOKUMENTATION .....	14
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG .....	15
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	18
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	18
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	19
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	21
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung .....	21
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	22
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	23
3.7.1 Heizungsanlage.....	23
3.7.2 Beleuchtung .....	23
3.7.3 Lüftungsanlage.....	23
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	24
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes .....	24
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand .....	25
3.8.3 Energiekosten .....	28
3.8.4 Preissteigerung durch CO <sub>2</sub> -Steuer .....	28
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN .....	29
4 Sanierungsvarianten.....	30
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	30
4.2 SV 1: AUßENWANDSANIERUNG .....	31
4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH .....	35
4.4 SV 3: BELEUCHTUNGSSANIERUNG .....	39

4.5	SV 4: PV-ANLAGE .....	43
4.6	SV 5: LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE .....	45
4.7	SV 6: MAßNAHMENKOMBINATION .....	49
4.8	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG.....	53
5	Fazit .....	54
6	Anhang .....	55
A.1	GLOSSAR .....	55

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert) NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 26.01.2023) .....	12
Abbildung 2 3D-Ansicht 3-Feld-Sporthalle .....	15
Abbildung 3 Nutzungszonen .....	16
Abbildung 4 Grundriss EG, zониert .....	16
Abbildung 5 Grundriss 1.OG, zониert.....	17
Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung .....	19
Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte .....	20
Abbildung 8 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste .....	25
Abbildung 9 Energiebilanz des Gebäudes.....	26
Abbildung 10 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf .....	27
Abbildung 11 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Sporthalle .....	27
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 .....	33
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	36
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 nur Fenster .....	38
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	41
Abbildung 16 Übersichtsbild der geplanten PV-Anlage .....	43
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	47
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6 .....	50
Abbildung 19 EG-Betrachtung 3-Feld-Sporthalle.....	53
Abbildung 20 Berechnung des Energiebedarfs .....	56

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	13
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung .....	15
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch .....	18
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	19
Tabelle 5 Gebäudekennwerte .....	21
Tabelle 6 Lüftungsanlagen des bewerteten Gebäudes .....	23
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	24
Tabelle 8 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung .....	24
Tabelle 9 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	25
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger .....	28
Tabelle 11 Bezugskosten nach Energieträger .....	28
Tabelle 12 Globale Daten zur Ökonomie.....	28
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1 .....	34
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1 .....	34
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2 .....	37
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 2 .....	37
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 2 nur Fenster .....	38
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3 .....	42
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 3 .....	42
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5 .....	48
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5 .....	48
Tabelle 22 Überblick Fördermittel Einzelmaßnahmen .....	49
Tabelle 23 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6 .....	51
Tabelle 24 Einsparpotenzial, SV 6 .....	51
Tabelle 25 Kostenannahmen Preisbremse .....	52
Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 6 mit Preisbremse.....	52

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die 3-Feld-Sporthalle der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf wurde im Rahmen der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme, Modul 2: Energieberatung DIN V 18599 nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für den Landkreis Cloppenburg erstellt.

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

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

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

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

Die energetischen Berechnungen im vorliegenden Bericht wurden mit dem „Energieberater 18599 3D“ der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG<sup>1</sup> durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

---

<sup>1</sup> <https://www.hottgenroth.de>

## 2 ZUSAMMENFASSUNG

### 2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

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

Ist-Zustand

Var. 1 – Außenwandsanierung

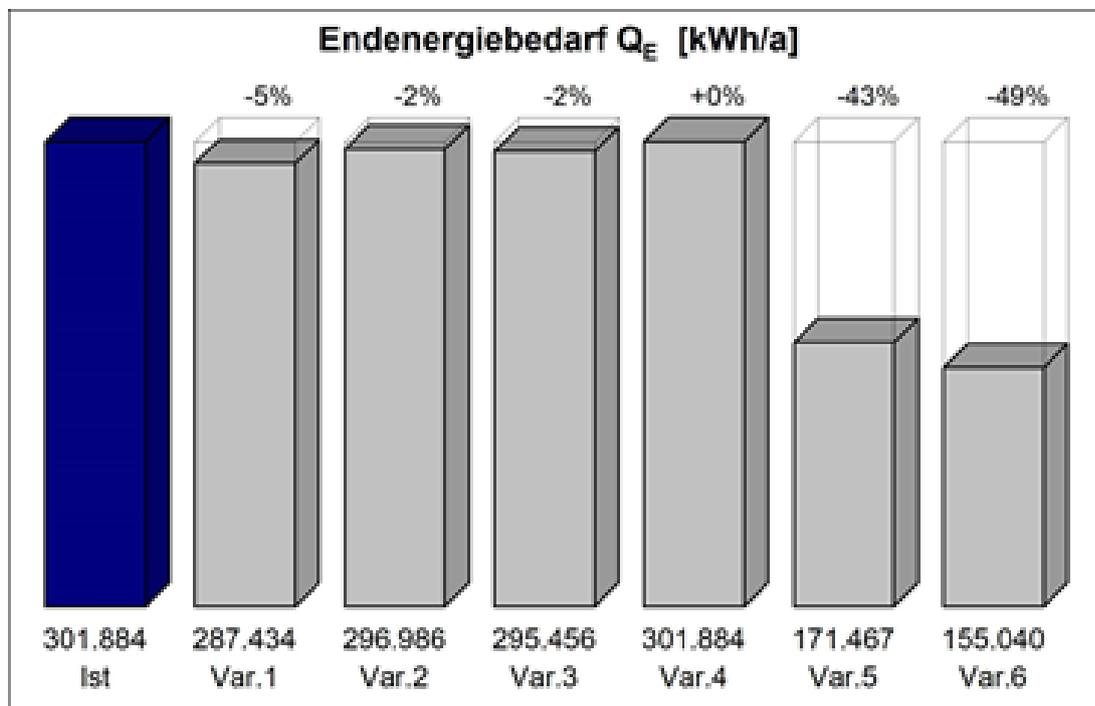
Var. 2 – Fenster- und Türentausch

Var. 3 – Beleuchtungssanierung

Var. 4 – PV-Anlage

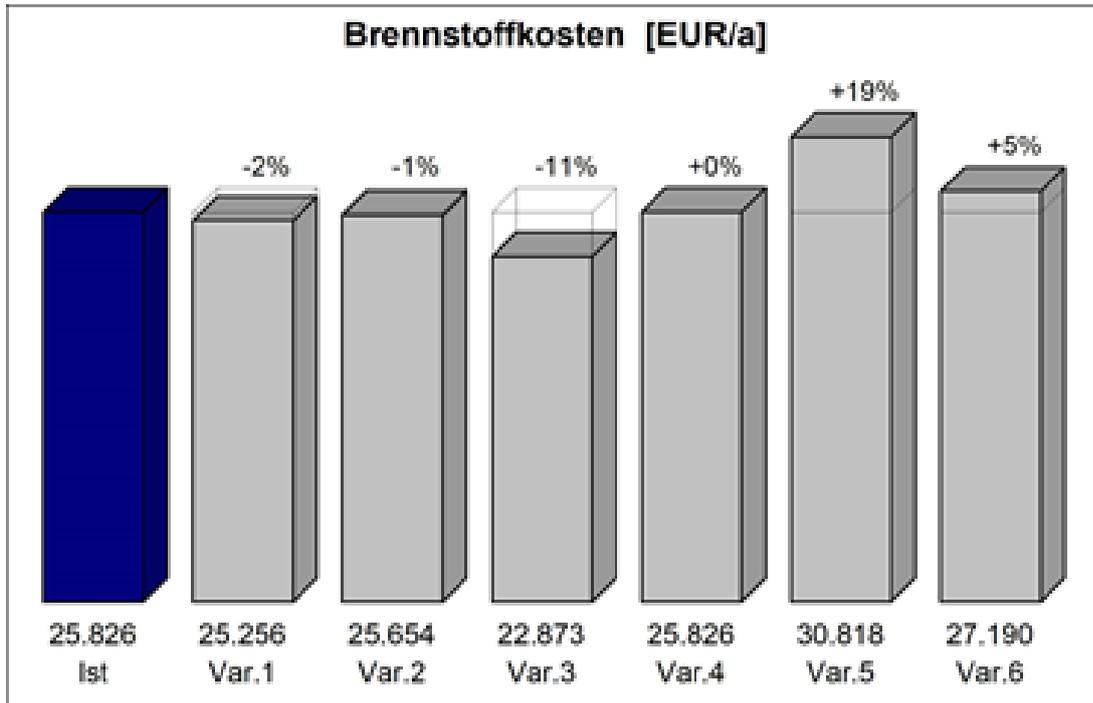
Var. 5 – Luft-Wasser-Wärmepumpe

Var. 6 – Maßnahmenkombination

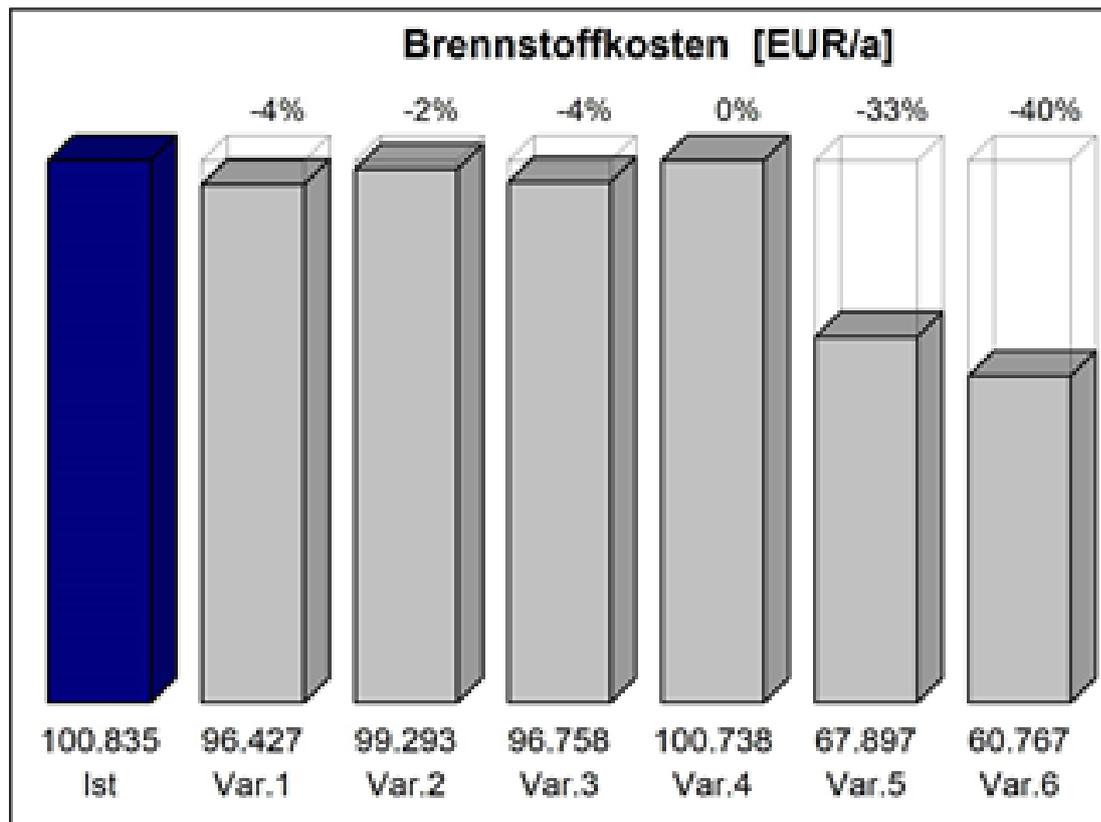


Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt.

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



Brennstoffkosten nach neuen Preisen:



## 2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

Wie in der Einleitung dieses Berichtes umrissen wird, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Primärenergie. Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub belastet. In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt:

Ist-Zustand

Var. 1 – Außenwandsanierung

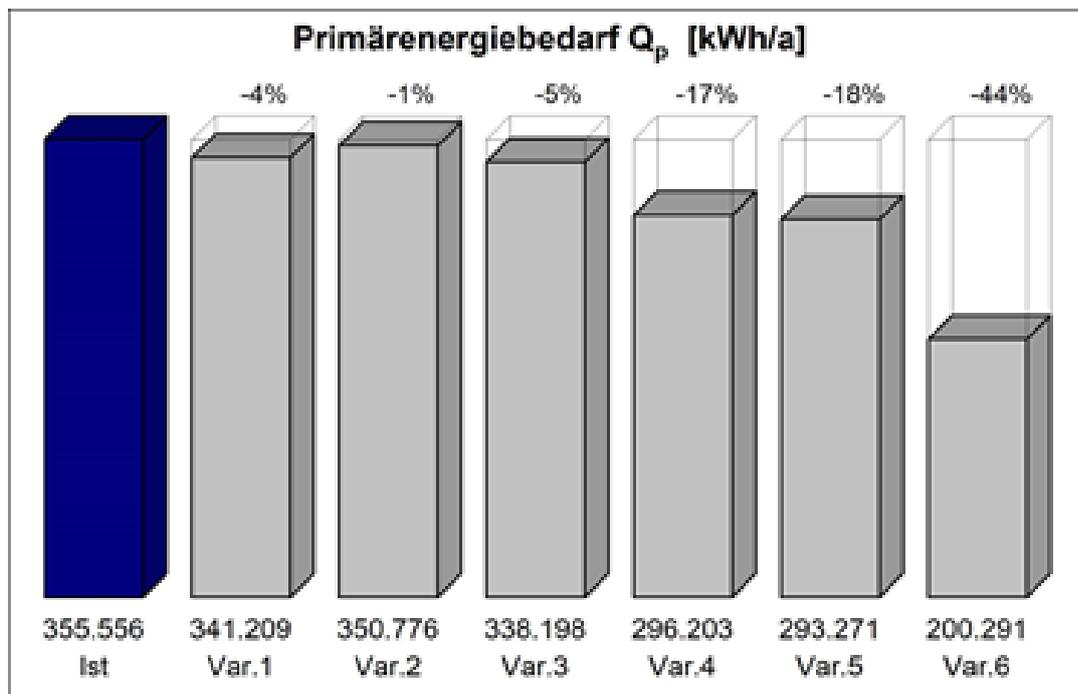
Var. 2 – Fenster- und Türentausch

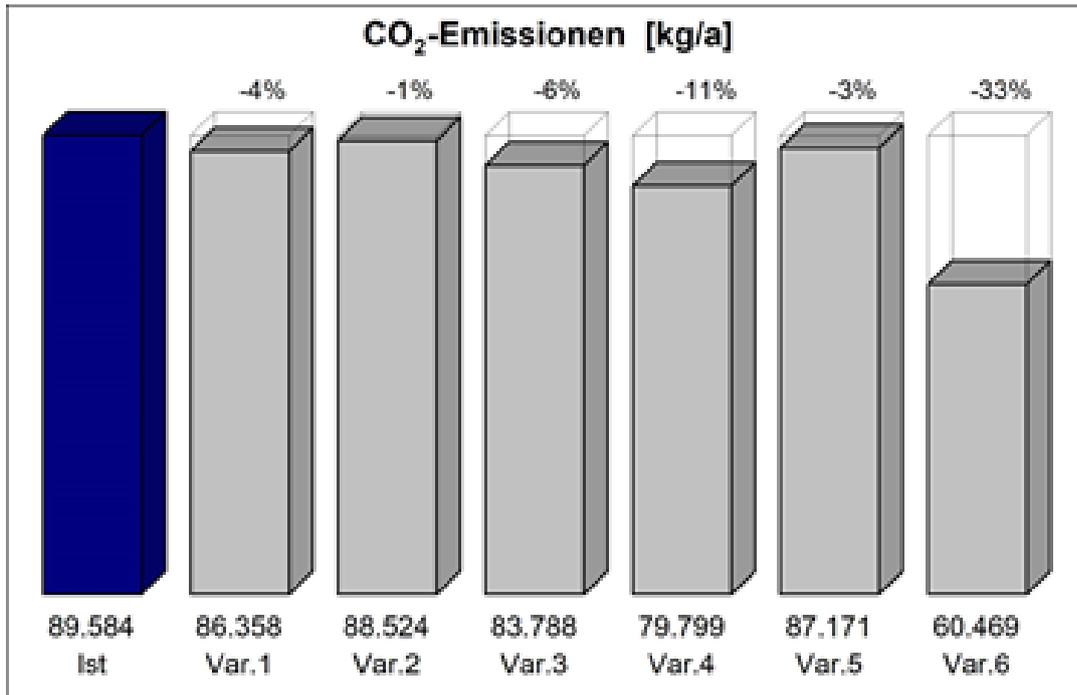
Var. 3 – Beleuchtungssanierung

Var. 4 – PV-Anlage

Var. 5 – Luft-Wasser-Wärmepumpe

Var. 6 – Maßnahmenkombination

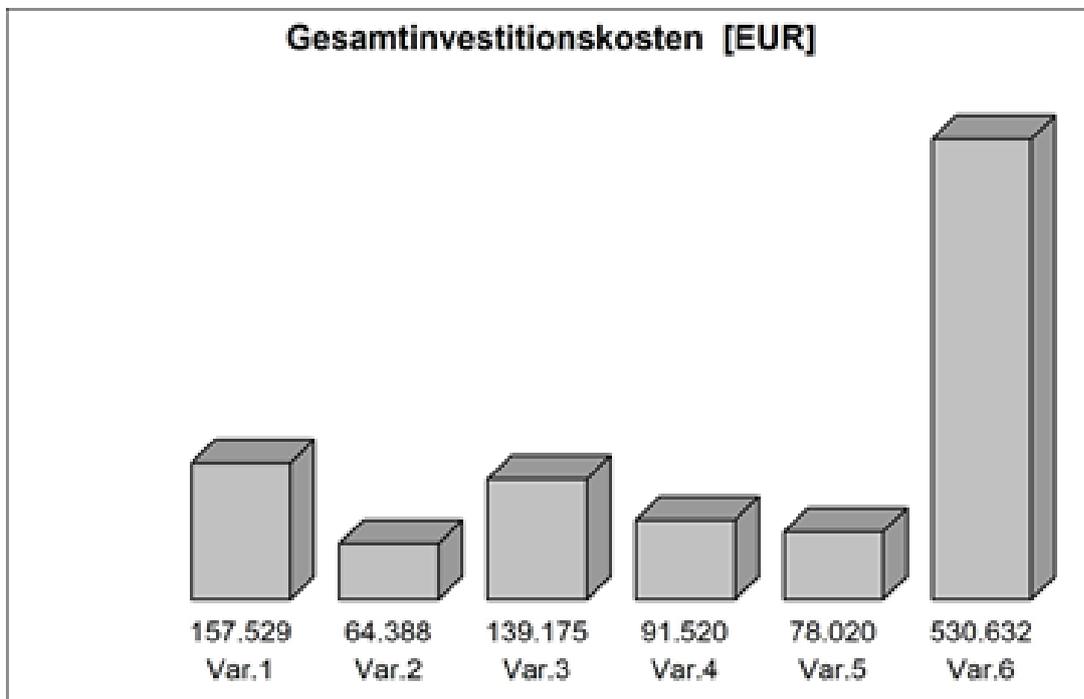




## 2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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

- Var. 1 – Außenwandsanierung
- Var. 2 – Fenster- und Türentausch
- Var. 3 – Beleuchtungssanierung
- Var. 4 – PV-Anlage
- Var. 5 – Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var. 6 – Maßnahmenkombination



### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die 3-Feld-Sporthalle liegt in der Bahnhofstraße 43 in 49661 Cloppenburg und wurde 1985 errichtet. Die Sporthalle gehört zu den Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf und wird ebenfalls am Wochenende für Punktspiele verschiedener Sportarten genutzt. An der Sporthalle wurden bereits einige Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. 2012 wurde eine präsenz- und tageslichtabhängige Hallenfeldbeleuchtung eingebaut und zeitgleich das Dach mitsamt der Lichtbänder saniert. 2013 fand die Sanierung des Daches über den Umkleiden statt. 2014 wurde eine Sanierung der Lüftungsanlage vorgenommen. Dabei wurde ein Bauer-Optimierungssystem (BAOPT) implementiert. Im selben Jahr wurde die Beleuchtung teilweise in den weiteren Räumlichkeiten erneuert. 2015 wurde die Heizungsanlage inklusive Warmwasserbereitung saniert.

Die Wärmeversorgung erfolgt über den 8 Jahre alten Gas-Brennwertkessel Vitocrossal 300 von Viessmann. Dieser besitzt eine Nennleistung von 285 kW. Zusätzlich ist ein Warmwasserspeicher installiert.

Für die Sporthalle ist eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung im Einsatz. Die Umkleideräume werden von einer Zuluftanlage mit Frischluft versorgt und in den Duschräumen werden Abluftanlagen eingesetzt.

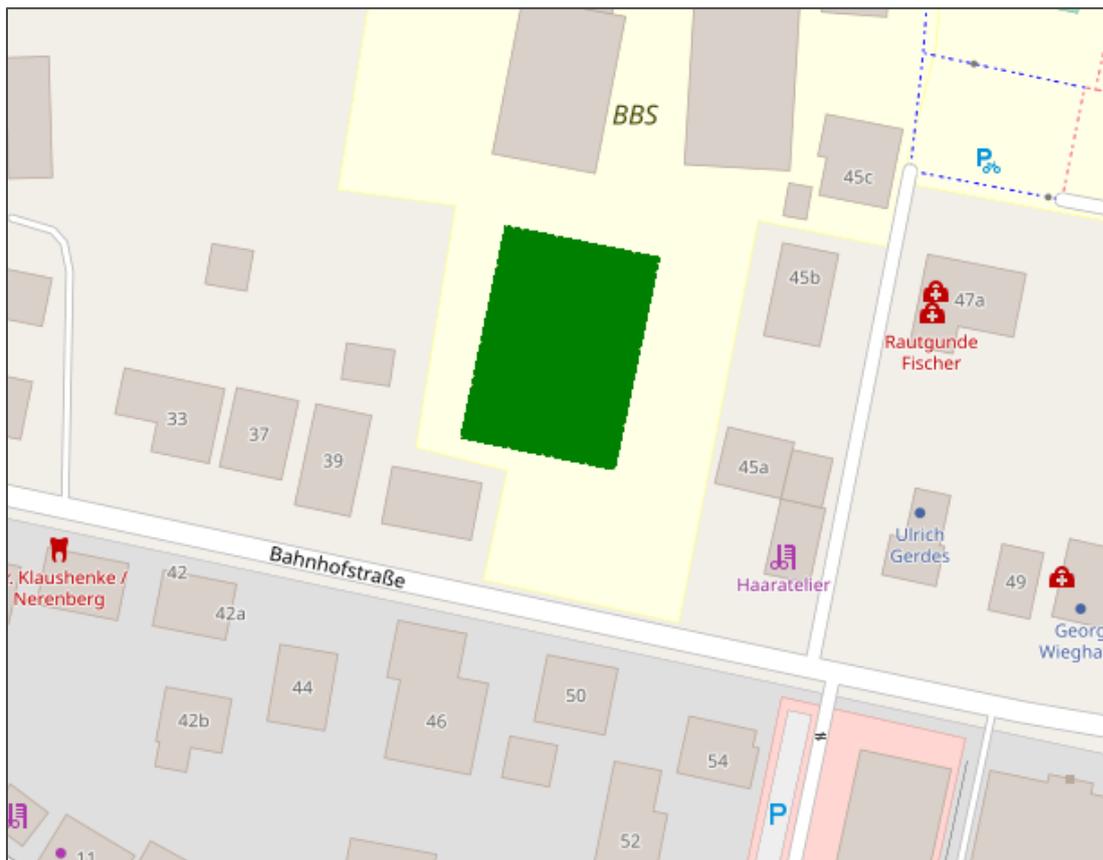


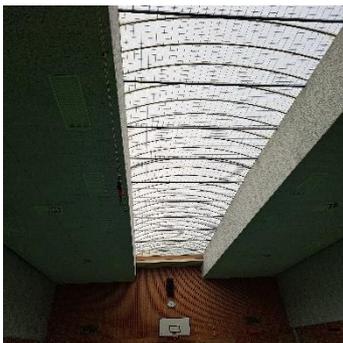
Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)  
NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 26.01.2023)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

<b>Name/Bezeichnung</b>	<b>3-Feld-Sporthalle</b>
Gebäudetyp	Sporthalle
Straße, Hausnr.	Bahnhofstraße 43
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg
Baujahr	1985
Beheiztes Gebäudevolumen V	12.412 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche ANGF	2.054 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche	5.786 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschosshöhe	Ca. 2,50 m Umkleide Ca. 7,10 m Sporthalle

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

### 3.2 FOTODOKUMENTATION



### 3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

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

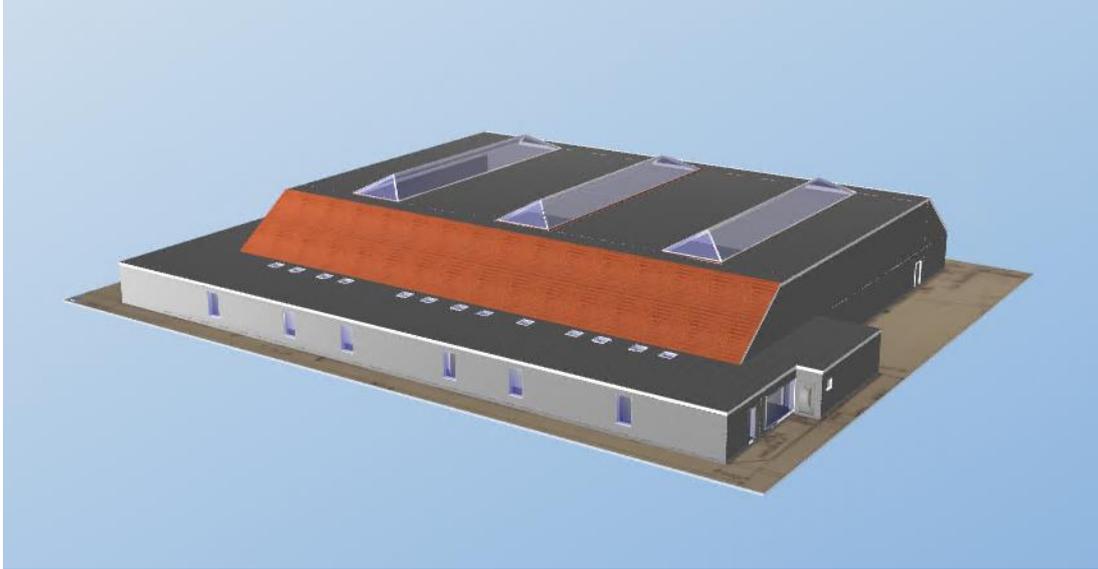


Abbildung 2 3D-Ansicht 3-Feld-Sporthalle

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Konditionierung			Größe in m <sup>2</sup>	Anteilige Größe der Zone in %
	Thermische Konditionie- rung	RLT	Beleuchtung		
Lager	beheizt	-	Leuchtstofflampen KVG	190	9%
WC- und Sani- täräume 1	beheizt	Zuluftanlage	Leuchtstofflampen KVG	229	11%
WC- und Sani- täräume 2	beheizt	Abluftanlage	Leuchtstofflampen KVG	87	4%
Verkehrsfläche	beheizt	-	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuch- ten	289	14%
Sporthalle	beheizt	Zu- und Ab- luftanlage mit WRG	Leuchtstofflampen EVG tageslicht- und präsenzabhängig	1.220	59%
Fitnessraum	beheizt	-	Leuchtstofflampen EVG	39	2%
Lager unbeheizt	unbeheizt	-	Leuchtstofflampen KVG	512	-
<b>Summe nur beheizt</b>				<b>2.054</b>	<b>100%</b>
<b>Summe gesamt</b>				<b>2.566</b>	

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

■	Lager
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden Abluft
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden Zuluft
■	Verkehrsfläche
■	Unbeheizt
■	Fitnessraum
■	Sporthalle

Abbildung 3 Nutzungszonen

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

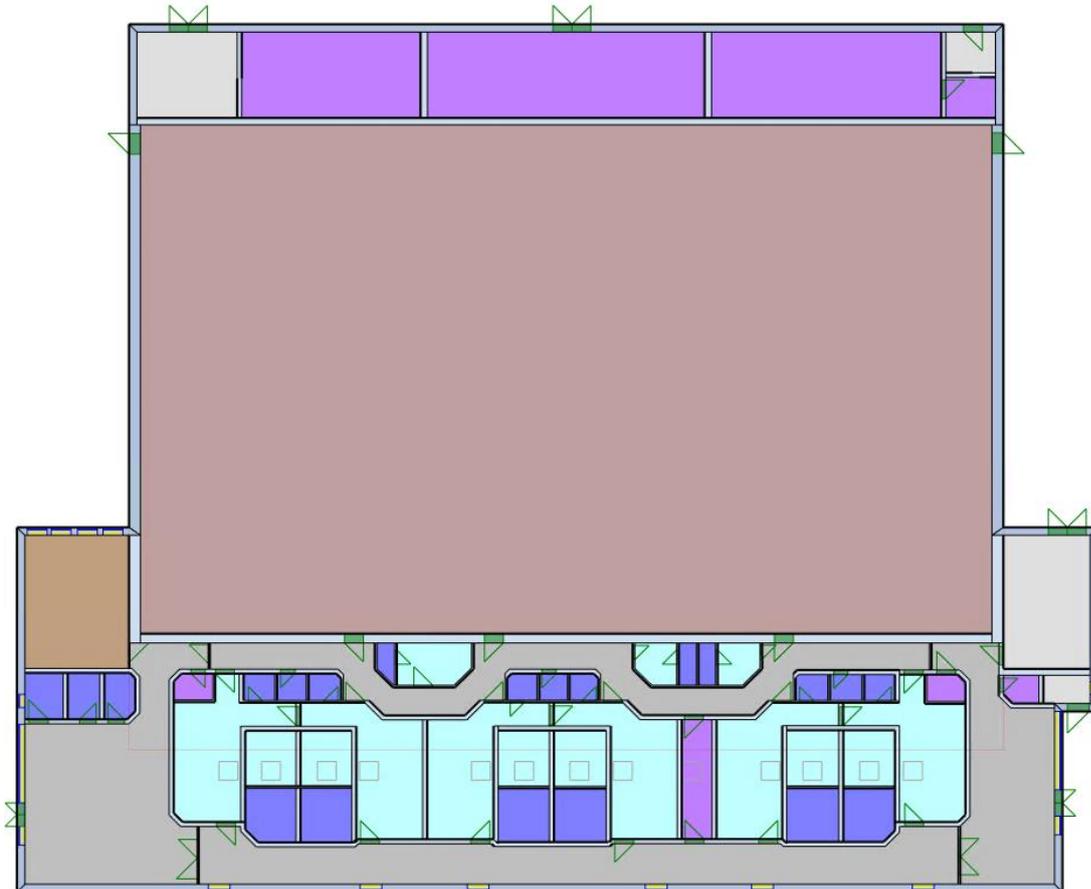


Abbildung 4 Grundriss EG, zoniert

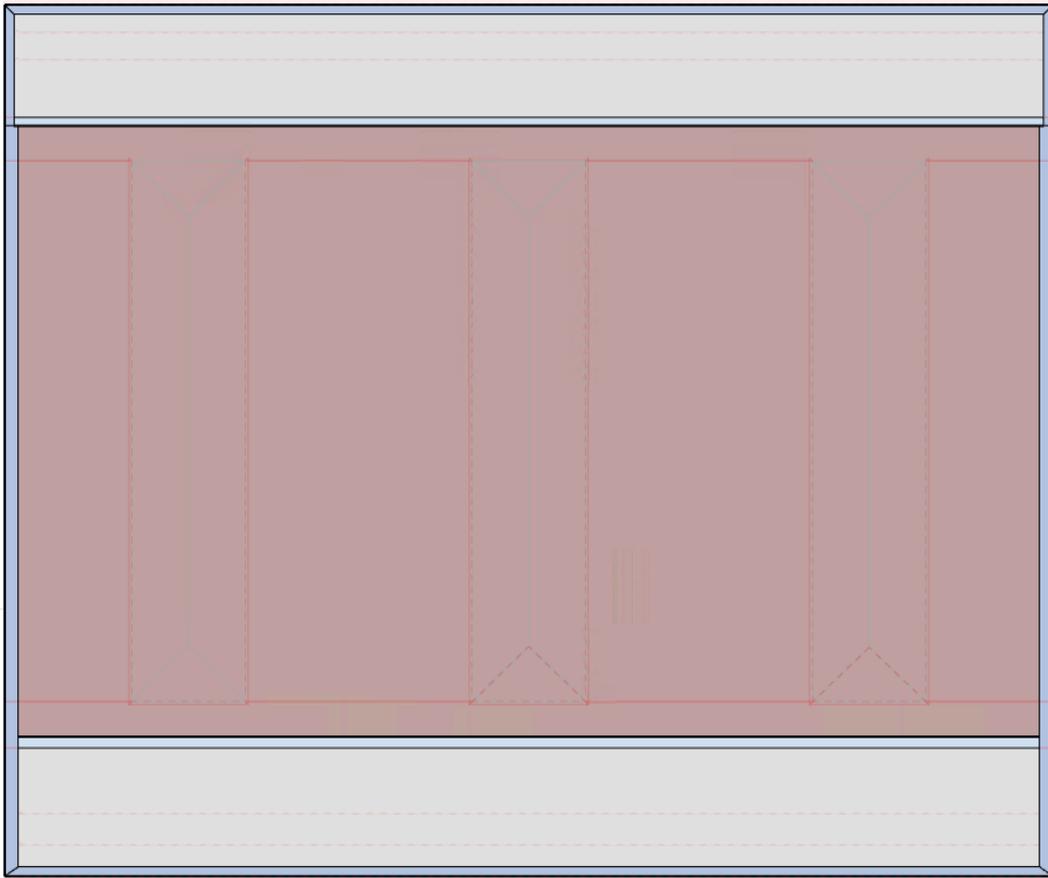


Abbildung 5 Grundriss 1.OG, zoniert

### 3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

#### 3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

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

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

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

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

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

<b>Jahr</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Mittelwert</b>
Heizung (Gas) [kWh/a]	183.684	186.809	192.143	<b>187.545</b>
Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	1,07	1,10	1,14	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	196.039	205.779	218.642	<b>206.820</b>
Strom [kWh/a]	57.829	68.469	56.402	<b>60.900</b>
Gesamtenergie- verbrauch [kWh/a]	253.868	274.248	275.044	<b>267.720</b>
Wasser [m <sup>3</sup> /a]	393	397	252	<b>347</b>

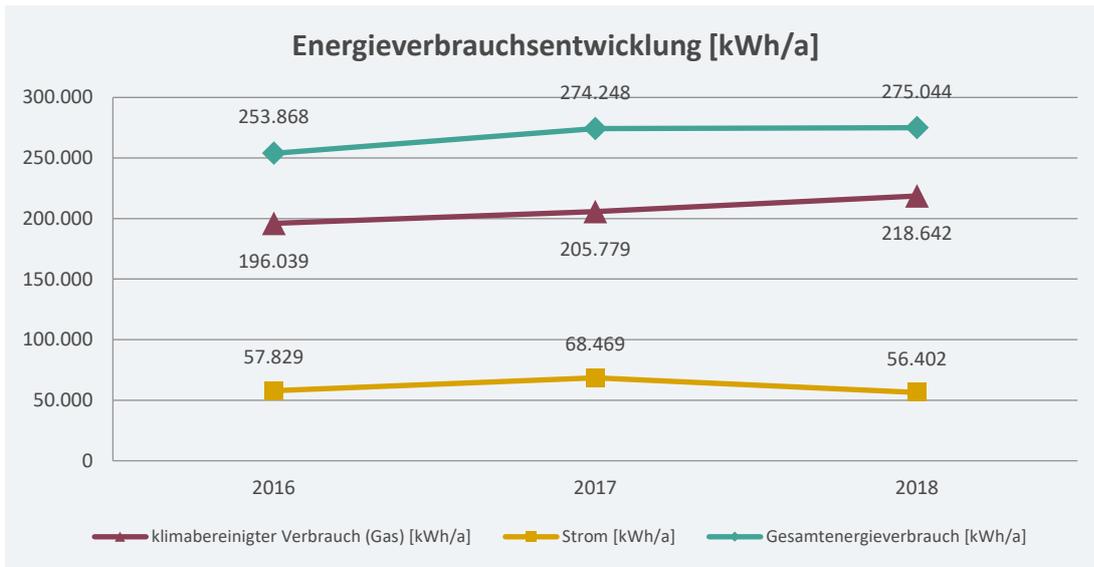


Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

### 3.4.2 Energieverbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Der Bezugswert ist die Nettogrundfläche der Sporthalle mit insgesamt 2.054 m<sup>2</sup>. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>2</sup>

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Turnhallen / Sporthallen	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom		7	30
Wärme		64	101
Wasser		77	169

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

Als Orientierung zur Einstufung von Verbrauchswerten in den verschiedenen Medienbereichen (Strom, Wärme, Wasser) werden zunächst statistische Erhebungen über Energieverbräuche

<sup>2</sup> Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005)  
 Zielwert: Unterer Quartilsmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch))  
 Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

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

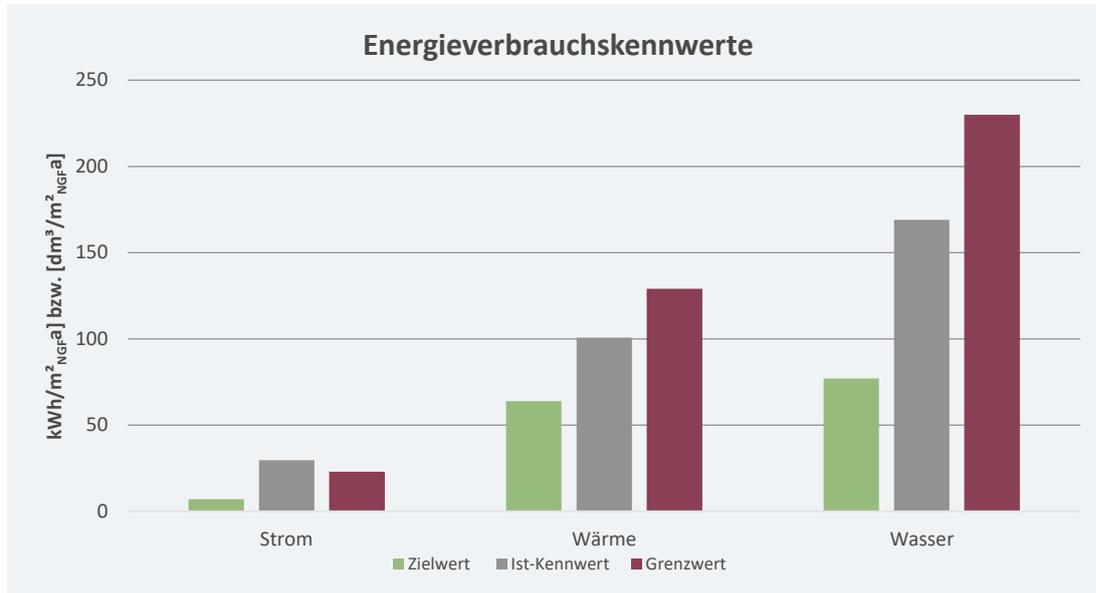


Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

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

### 3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf. Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe<sup>3</sup> und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

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

Die Tabelle 5 listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten Bestandsdaten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) und der KfW mit angegeben<sup>4</sup>. Für Baudenkmäler gelten die Anforderungen des GEGs. Von den Anforderungen kann abgewichen werden, wenn „das Erscheinungsbild beeinträchtigt [wird] oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen“ (§ 105 Absatz 1 Satz 1 GEG). Die technischen Mindestanforderungen bei Denkmälern für eine BEG-Förderung sind teilweise geringer. Diese sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	Ist-Zustand	GEG <sup>5</sup>	BEG-Förderung <sup>6</sup>
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
<b>Bodenplatte</b>	0,60	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
<b>Außenwand</b>	0,60	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
<b>Obere Geschosdecken unter den Dachschrägen</b>	0,30	0,20	0,14
<b>Flachdach Sporthalle und Umkleide</b>	0,20	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			

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

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

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

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

<b>Holzfenster Baujahr 1984 Umkleidebereich</b>	<b>2,70</b>	1,30	0,95
<b>Dachfenster</b>	<b>1,40</b>	1,40	1,00
<b>Lichtbänder</b>	<b>2,00</b>	2,00	1,50
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
<b>Massivholz-Außentüren</b>	<b>2,90</b>	1,80	1,30

### 3.6 WÄRMEBRÜCKEN

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

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

### 3.7 ANLAGENTECHNIK

#### 3.7.1 Heizungsanlage

Heizung	Gas-Brennwertkessel Viessmann Vitocrossal 300 Energieträger Erdgas Baujahr 2015 285 kW Nennleistung Pumpen geregelt Leitungen gedämmt
Warmwasser	Warmwasserspeicher

#### 3.7.2 Beleuchtung

Die Beleuchtung teilweise erneuert. Die Umstellung auf LED-Beleuchtung erfolgte stellenweise in den Verkehrsflächen. Größtenteils sind jedoch Leuchtstoffröhren (T5 und T8) mit konventionellen und elektronischen Vorschaltgeräten im Einsatz. Im Hallenbereich ist die Beleuchtung mit tageslicht- und präsenzabhängiger Sensorik ausgestattet.

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

#### 3.7.3 Lüftungsanlage

Nachfolgend sind die einzelnen Lüftungsanlagen der Sporthalle mit der jeweiligen versorgten Zone und dem maximalen Volumenstrom aufgelistet. Die Lüftungsanlage der Sporthalle wurde 2014 saniert. Zudem wurde ein Bauer-Optimierungssystem aufgeschaltet.

Tabelle 6 Lüftungsanlagen des bewerteten Gebäudes

Bezeichnung	Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	WRG	Erhitzer	Versorgte Zone
Lüftung Sport- halle	16.200	Ja	Über Heizungsanlage	Sporthalle
Lüftung Um- kleide Zuluft	5.400	Nein	-	WC- und Sanitär- räume (Umkleide) 1
Lüftung Duschen und WC Abluft	7.750	nein	-	WC- und Sanitär- räume (Umkleide) 2

Anmerkung: Volumenströme aus den Planunterlagen der Sporthalle.

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

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO<sub>2</sub> und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung

ist auch nötig, um Schimmelbildung durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt austretende Schadstoffe aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen zu entfernen.

### 3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG

#### 3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

Wo die ermittelten Energieverbrauchskennzahlen den tatsächlichen Verbrauch an Strom und Wärme der Liegenschaft, auf der sich das untersuchte Gebäude befindet, abbilden und bewertbar machen, erfolgt die ingenieurtechnische Berechnung und Analyse des Gebäudes und die Erarbeitung von Sanierungsmaßnahmen und deren Effekte auf Basis einer theoretischen Berechnung auf Grundlage der DIN 18599.

*Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599*

<b>Energiebedarfskennwerte<sup>7</sup> des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung	154,11
Warmwasser	24,46
Lüftung	29,23
Beleuchtungsstrom	12,76

**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 8 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung*

<b>Energiebedarfskennwerte des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung	93,50
Warmwasser	19,87
Lüftung	23,38
Beleuchtungsstrom	10,21

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

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

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

### 3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss der vorhandene Energieverbrauch beurteilt werden. Verbraucht das Gebäude viel oder wenig Energie? Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?

Die Antwort auf diese Fragen gibt eine Energiebilanz. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. Die Aufteilung der Verluste, d. h. der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller – und der Anlagenverluste auf die Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie (Strom) – sowie der Lüftungsverluste können Sie der nachfolgenden Tabelle und den Diagrammen entnehmen.

Tabelle 9 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
<b>Transmissionsverluste</b>		
Dach	25.924	15,6
Außenwand	31.162	18,7
Fenster	65.306	39,2
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	44.102	26,5
<b>Gesamt</b>	<b>166.494</b>	<b>100,0</b>
<b>Lüftungsverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>93.035</b>	<b>100,0</b>
<b>Anlagenverluste</b>		
<b>Gesamt (Heizung + Hilfsenergie)</b>	<b>114.636</b>	<b>100,0</b>

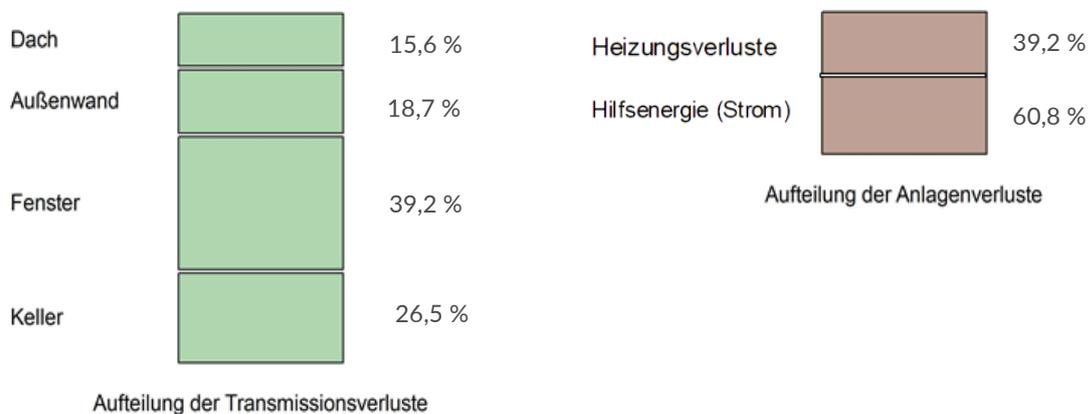


Abbildung 8 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

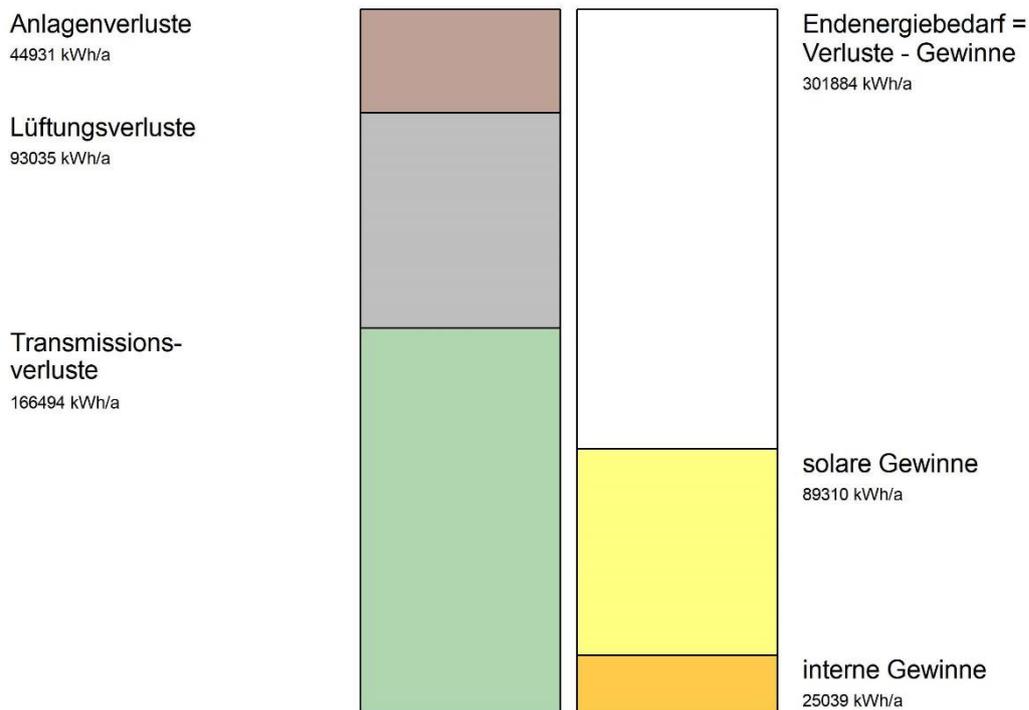


Abbildung 9 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 173 kWh/m<sup>2</sup>a.

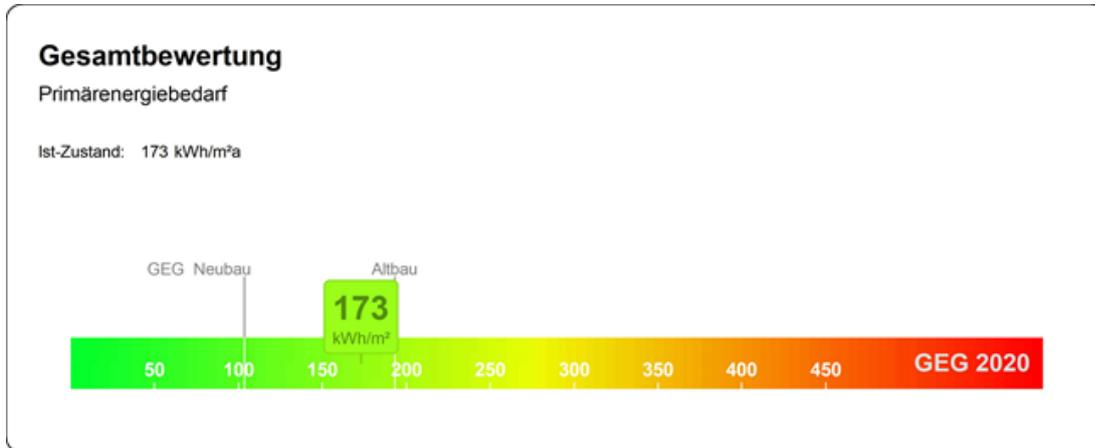


Abbildung 10 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand der 3-Feld-Sporthalle ist durch die vorangegangenen Sanierungen entsprechend gut und besser als der Anforderungswert nach GEG für modernisierte Altbauten. Jedoch wird im Ist-Zustand kein Effizienzgebäude-Standard erreicht. Die nachfolgende Abbildung 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	253,0	220,2	157,3	62,9	86,5	110,1	157,3	251,7
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,30	0,56		0,18	0,22	0,26	0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	2,1	2,7		1,0	1,2	1,4	1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	2,7	4,3		1,6	2,0	2,4	3,0	

Abbildung 11 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Sporthalle

Aus Abbildung 11 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand **keinen** Effizienzgebäude-Standard erfüllt.

### 3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 10 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg. Da diese Werte deutlich niedriger sind, als aktuelle, ortsübliche Tarife, sind in Tabelle 11 Werte aus aktuellen Tarifen abgebildet. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,039	247
Strom-Mix	kWh	0,238	544

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Landkreises Cloppenburg.

Tabelle 11 Bezugskosten nach Energieträger

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

Anmerkung: Die Kostenangaben sind Brutto-Angaben. Der Strompreis beruht auf Angaben des Landkreises Cloppenburg. Der Erdgaspreis beruht auf aktuellen Angeboten verschiedener Anbieter, da die lokale EWE AG aktuell keine neuen Verträge anbietet (Stand 17.08.2022).

Tabelle 12 Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	3,00
jährliche Preissteigerung [%]	4,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

Anmerkung: Zinssatz wurde aus Erfahrungswerten angenommen.

### 3.8.4 Preissteigerung durch CO<sub>2</sub>-Steuer

Die CO<sub>2</sub>-Steuer soll den Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen hin zu erneuerbaren Technologien fördern. Die sogenannte CO<sub>2</sub>-Steuer verteuert Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas dabei so, dass sich die Kosten in Zukunft stärker am tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Gehalt ausrichten. Sie soll die Bevölkerung zu einem bewussteren Umgang mit fossilen Energieträgern bewegen und Anreize schaffen, um auf moderne und klimafreundliche Technologien umzurüsten.

Mit dem Klimapaket hat die Bundesregierung inzwischen beschlossen, wie sich die CO<sub>2</sub> Preise in Zukunft verändern. So kostet eine Tonne des klimaschädlichen Gases im Jahr 2021 25 Euro. In den folgenden Jahren steigen die Abgaben dann schrittweise, bis diese 2025 einen Wert von 55 Euro pro Tonne erreichen. Ab 2026 steigen die Preise (in Abhängigkeit der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen) voraussichtlich weiter an.

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

### 3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

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

In den Investitionskosten sind auch die Kosten für kleinere Nebenarbeiten enthalten.

**Beispiel:**

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

## 4 SANIERUNGSVARIANTEN

### 4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

**Empfohlene Sanierungsvarianten:**

Var. 1 – Außenwandsanierung

Var. 2 – Fenster- und Türentausch

Var. 3 – Beleuchtungssanierung

Var. 4 – PV-Anlage

Var. 5 – Luft-Wasser-Wärmepumpe

Var. 6 – Maßnahmenkombination

**Anmerkung:**

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

## 4.2 SV 1: AUßENWANDSANIERUNG

In dieser Sanierungsvariante soll die Fassade der Sporthalle saniert werden. Diese befindet sich im Zustand des Baualter und entspricht daher nicht den aktuellen Anforderungen des GEG.

Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen gem. GEG beträgt  $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um diesen U-Wert zu erreichen, würde eine Dämmung von 10 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 ausreichen. Daraus würde sich für dieses Gebäude letztlich ein U-Wert von  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$  ergeben.

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 12 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 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>	180,00	875,16	157.529
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>157.529</b>

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

Folgende Leistungen sind in den angegebenen Kosten enthalten.

Maßnahme	Leistungen
Außenwanddämmung	Entfernung Verklinkerung, Reinigung der freigelegten Wandflächen für das Anbringen der Wärmedämmung, Anbringen und Verdübeln der Dämmschicht wird vollflächig angebracht und verdübelt.

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

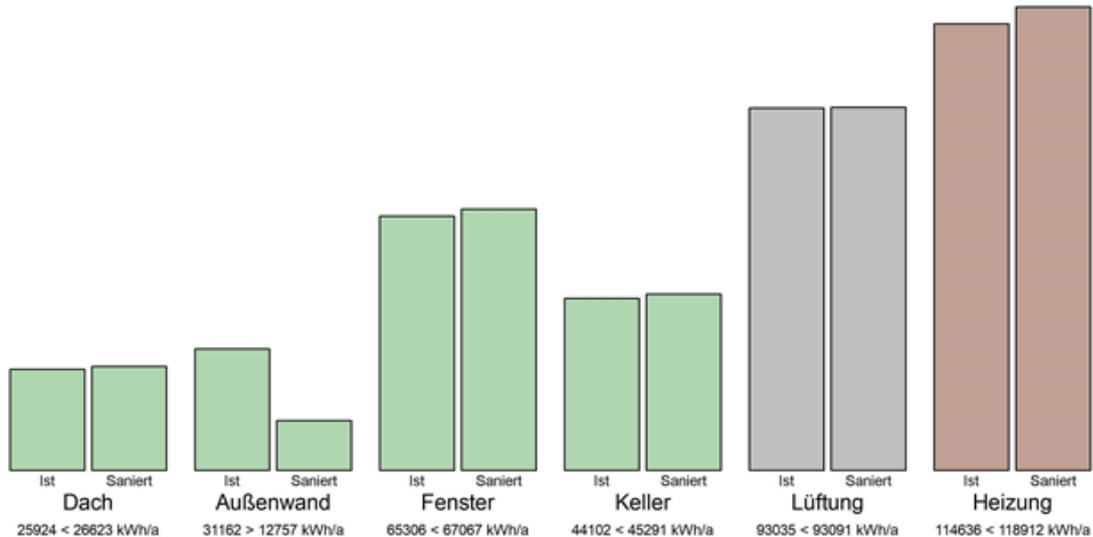
**BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 23.629 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 1 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 301.884 kWh/Jahr reduziert sich auf 287.434 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 14.450 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 3.226 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 166 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

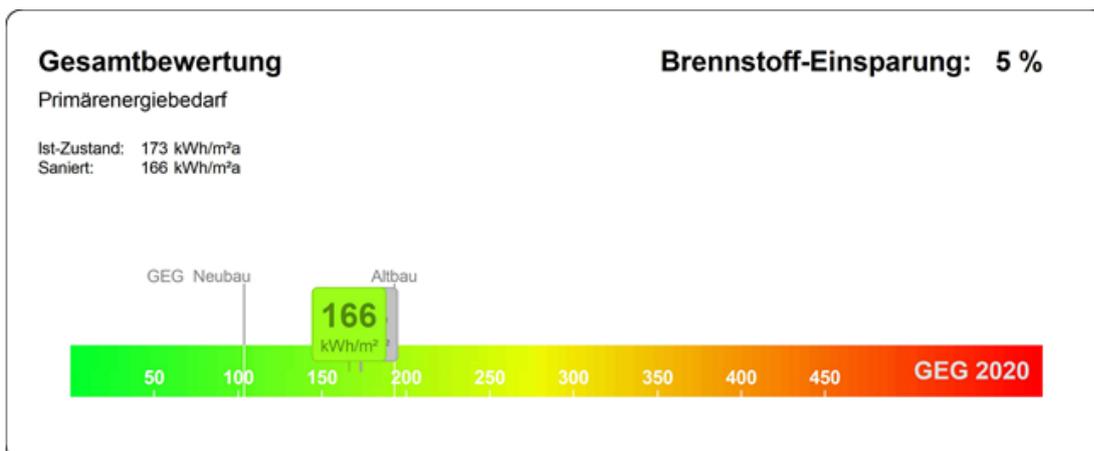


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	157.529 EUR
Mögliche Fördermittel	23.629 EUR

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

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	8.037	8.037
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	45.059	172.033
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	53.096	180.070
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	46.076	179.898
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>Keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

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

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO<sub>2</sub> und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

### 4.3 SV 2: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

In dieser Variante sollen die Holzfenster aus 1984, welche sich im Umkleidebereich in den Fluren und im Fitnessraum befinden, ausgetauscht werden. Der aktuelle  $U_w$ -Wert für Fenster nach dem GEG beträgt  $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein  $U_w$ -Wert von  $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$  für die Fenster anzusetzen. Damit ein Effizienzgebäudestandard erreicht werden kann, werden in dieser Simulation die alten Fenster durch neue 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem  $U_w$ -Wert von  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  ersetzt. Die bestehenden Außentüren zu beheizten Räumen werden ebenfalls durch neue Türanlagen mit einem  $U_w$ -Wert von  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  ersetzt.

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Holzfenster inkl. Einbau	551,51		
<b>Einzelfenster gesamt</b>	600	48,08	28.848
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
<b>Außentür gesamt</b>	2.150	16,53	35.540
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>64.388</b>

Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Für Fenster teilen sich die Investitionskosten folgendermaßen auf: Abbruch alter Fenster einschließlich Abdichtung, Entsorgung durch LKW, Lieferung, Einbau und Montage neuer Fenster einschließlich Abdichtung, Lohnkosten und Baustelleneinrichtung

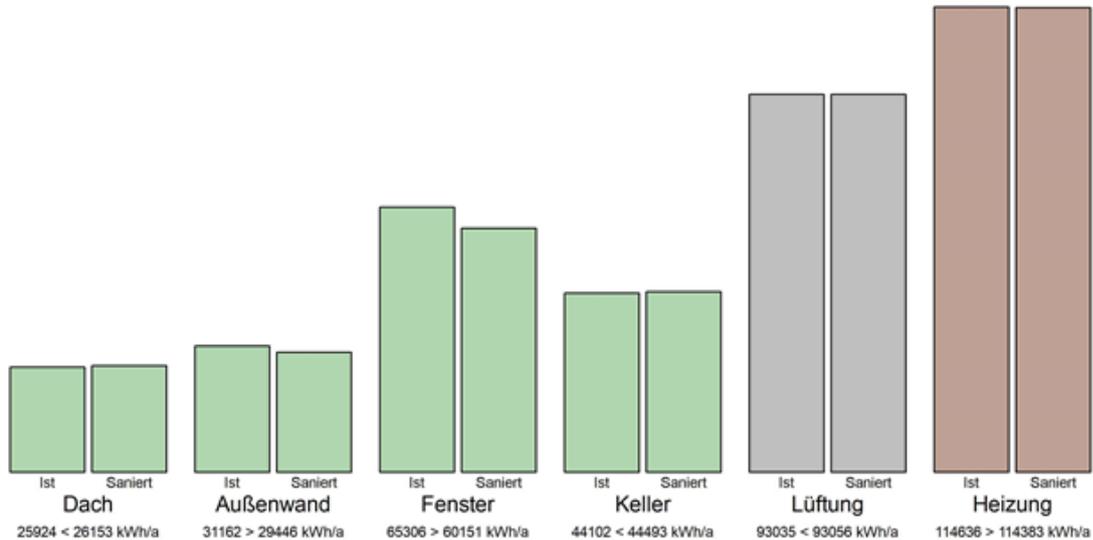
#### BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 9.658 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 2 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **2 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 301.884 kWh/Jahr reduziert sich auf 296.986 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.898 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 1.061 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 171 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

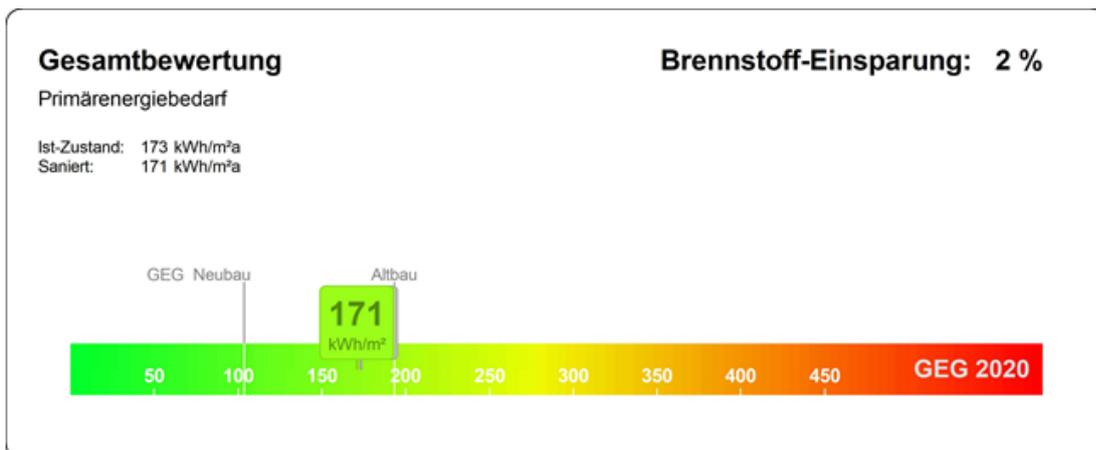


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	64.388 EUR
Mögliche Fördermittel	9.658 EUR

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

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 2

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	3.285	3.285
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	45.768	177.145
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	49.053	180.430
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	46.076	179.898
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>Keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	-	-

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

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO<sub>2</sub> und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

**Anmerkung:** Wird jedoch nur die Sanierung der über 30 Jahre alten Holzfenster betrachtet, sieht die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit den aktuell realistischeren Preisen optimistischer aus. Die Investitionskosten würden sich auf 28.848 € belaufen. Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 4.327 € beantragt werden.

Der derzeitige Endenergiebedarf würde sich dann von 302.209 kWh/Jahr auf 298.567 kWh/Jahr reduzieren. Es würde sich somit eine Einsparung von 3.643 kWh/Jahr ergeben, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Ebenfalls würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 780 kg CO<sub>2</sub>/Jahr gesenkt werden. Durch die Modernisierungsmaßnahme der Fenster sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 172 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

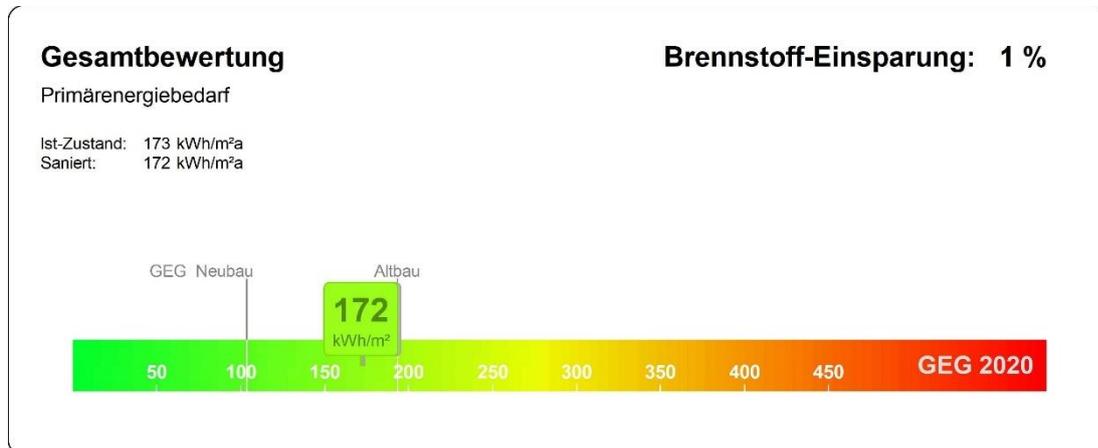


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 nur Fenster

Daraus ergeben sich, bei Betrachtung der aktuell realistischeren Preisen, die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 2 nur Fenster

<b>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</b>	
Kapitalkosten	1.472
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	177.986
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	179.458
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	179.898
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>440</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>24 Jahre</b>

Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 24 Jahren.

#### 4.4 SV 3: BELEUCHTUNGSSANIERUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die in der Sporthalle überwiegend vorhandenen Leuchtstoffröhren durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt. Die Sanierung der Beleuchtung in unbeheizten Räumen wird ebenfalls mitbetrachtet. In den Fluren im Umkleidebereich wurde die Beleuchtung teilweise saniert. Die Fläche mit LED-Beleuchtung beträgt ca. 67 m<sup>2</sup> und wird von der restlichen Fläche der Verkehrsflächen abgezogen.

Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden.

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

<i>Zone</i>	<i>Preis [€/m<sup>2</sup>]</i>	<i>Fläche [m<sup>2</sup>]</i>	<i>Summe [€]</i>
<i>Lager</i>	45	702	31.590
<i>WC- und Sanitärräume</i>	90	315	28.350
<i>Verkehrsfläche</i>	45	222	9.990
<i>Sporthalle</i>	55	1.220	67.100
<i>Fitnessraum</i>	55	39	2.145
<b><i>Gesamtausgaben</i></b>			<b>139.175</b>

**Anmerkung:** Die Preise beruhen auf Licht-Berechnungen von Beispielräumen der Sporthalle 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. Die Fläche der unbeheizten Räume wurde zur Zone „Lager“ hinzuaddiert.

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

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

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 20.876 € beantragt werden.

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

**Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (4.2.3)**

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

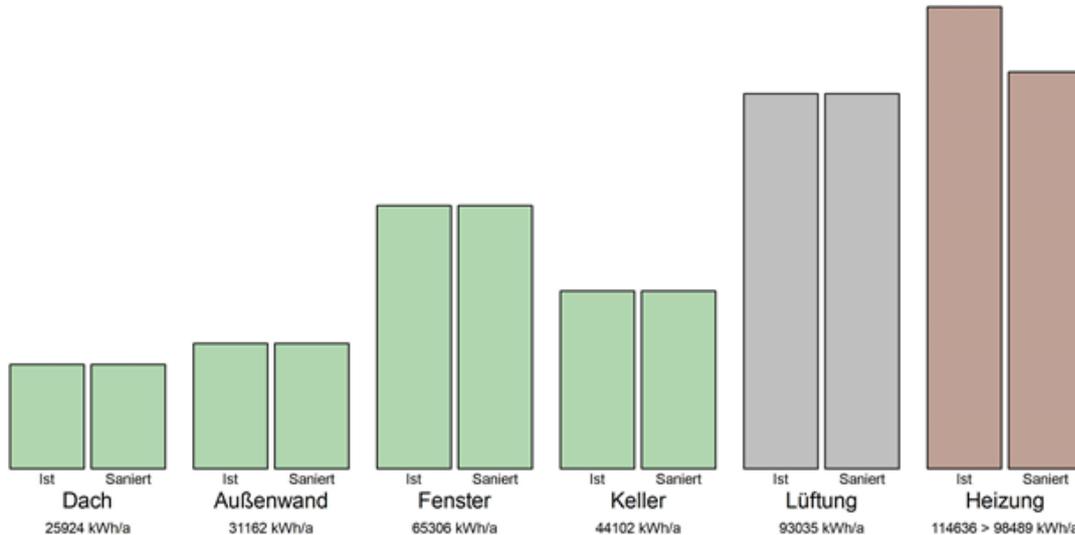
\* Antragsberechtigte aus Braunkohlerevieren gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020, das heißt das Lausitzer Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Rheinische Revier, sind finanzschwachen Kommunen gleichgestellt.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 34.794 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Eine Kumulation der beiden Förderprogramme ist nicht möglich.

**Energieeinsparung - Variante 3 -**

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **2 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 301.884 kWh/Jahr reduziert sich auf 295.456 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6.428 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5.797 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 165 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

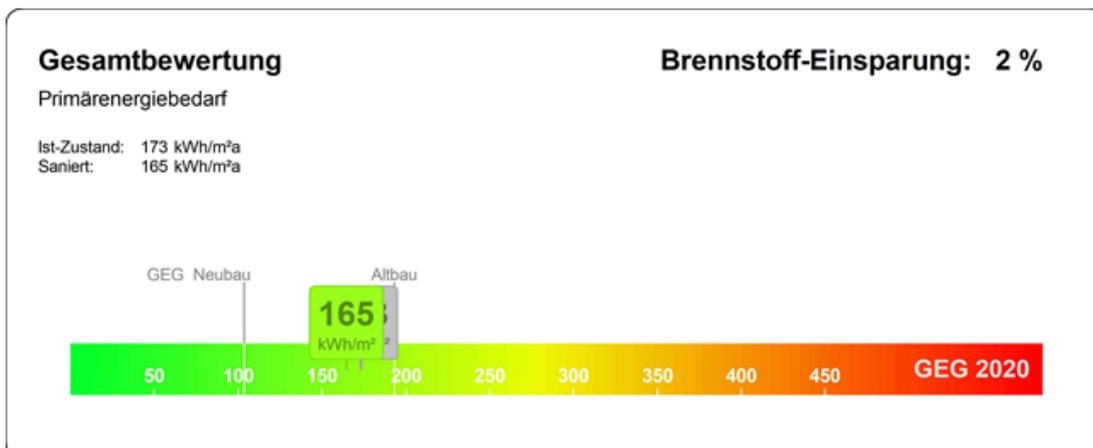


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	384.413 EUR
Mögliche Fördermittel BEG EM (15 %)	20.876 EUR
Mögliche Fördermittel – Kommunalrichtlinie (25 %)	34.794 EUR

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

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

Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	9.355	9.355
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	34.084	144.185
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	43.439	153.540
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	38.486	150.261
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>Keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten sowohl unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise als auch von aktuell realistischeren Preisen voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO<sub>2</sub> und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

#### 4.5 SV 4: PV-ANLAGE

In dieser Variante wird eine PV-Anlage auf dem Flachdach der Sporthalle installiert. Die PV-Anlage ist nach ost-west ausgerichtet und weist eine Generatorleistung von 70,4 kWp auf bei einer Fläche von 175,7 m<sup>2</sup> und 176 PV-Modulen. Der Eigenstromverbrauchsanteil liegt bei 34,6 % und der Autarkiegrad bei 36,2 %.

Für diese PV-Anlage wurde der Stromverbrauch gemittelt, welcher bei ca. 60.900 kWh jährlich liegt. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Voraussetzung ist, dass das Dach zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich).



Abbildung 16 Übersichtsbild der geplanten PV-Anlage

#### PV-Anlage

PV-Generatorleistung	70,40 kWp
Spez. Jahresertrag	906,78 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	91,88 %
Ertragsminderung durch Abschattung	1,3 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	63.842 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	22.067 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	41.774 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	34,6 %
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen	30.004 kg/Jahr

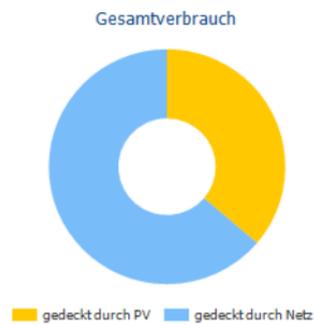
#### PV-Generatorenergie (AC-Netz)



■ Eigenverbrauch  
■ Abregelung am Einspeisepunkt  
■ Netzeinspeisung

**Verbraucher**

Verbraucher	60.900 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	4 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	60.904 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	22.067 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	38.837 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	36,2 %

**Autarkiegrad**

Gesamtverbrauch	60.904 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	38.837 kWh/Jahr
Autarkiegrad	36,2 %

**Wirtschaftliche Kenngrößen**

Gesamtkapitalrendite	7,83 %
Kumulierter Cashflow	91.560,81 €
Amortisationsdauer	11,5 Jahre
Stromgestehungskosten	0,076 €/kWh

**Zahlungsübersicht**

spezifische Investitionskosten	1.300,00 €/kWp
Investitionskosten	91.520,00 €
Einmalzahlungen	0,00 €
Förderungen	0,00 €
Jährliche Kosten	0,00 €/Jahr
Sonstige Erlöse oder Einsparungen	0,00 €/Jahr

**Vergütung und Ersparnisse**

Gesamtvergütung im ersten Jahr	2.796,75 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	4.611,16 €/Jahr

**EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen**

Gültigkeit	25.01.2023 - 31.12.2043
Spezifische Einspeisevergütung	0,0669 €/kWh
Einspeisevergütung	2796,7459 €/Jahr

**Example Private (Example)**

Arbeitspreis	0,209 €/kWh
Grundpreis	10 €/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	4 %/Jahr

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. Außerdem muss das Dach statisch geprüft werden und Platz für eine Unterbringung der Wechselrichter und der Batterien gefunden werden, wodurch möglicherweise große Zusatzkosten entstehen.

#### 4.6 SV 5: LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE

Die Sporthalle wird von einem Gas-Brennwertkessel aus dem Jahr 2015 mit Wärme versorgt. Außerdem wird das Warmwasser über den Kessel bereitgestellt. Die Nutzungsdauer der Heizungsanlage ist noch nicht erreicht, sodass die Heizung noch nicht ausgetauscht werden sollte. Langfristig wird jedoch empfohlen, einen Wärmerezeuger, der einen regenerativen Energieträger nutzt, einzubauen, um das Ziel der Treihausgasneutralität zu erreichen.

In dieser Sanierungsvariante wird eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zum Gas-Brennwertkessel ergänzt. Diese nutzt die Energie der Umwelt, um das Gebäude CO<sub>2</sub>-sparend zu beheizen. Sie entzieht der Außenluft thermische Energie und überträgt diese als Nutzwärme in das Gebäude.

Für die Dimensionierung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und die Umsetzung dieser Maßnahme ist ein Fachplanungsbüro hinzuzuziehen. In der Simulation dieser Sanierungsmaßnahme wurde eine Wärmepumpe mit einer Leistung von 100 kW und ein Heizungspufferspeicher mit einem Nennvolumen von 2000 Litern vorgesehen. Alternativ können auch mehrere Wärmepumpen mit einer niedrigeren Leistung eingesetzt werden. Die Vorlauftemperatur wurde mit 55°C angenommen. Hierdurch können bis zu ca. 95 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. 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 Schaffung einer Unterbringung der Wärmepumpe. Da ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden muss, werden die Kosten für neue Regelventile und intelligente Einzelraumregelungen miteinbezogen. Die Kosten für den hydraulischen Abgleich sind in den Kosten für die Wärmepumpe enthalten.

<b>Kostenannahmen Heizungstausch</b>			
	<b>Preisermittlung</b>	<b>Bezugsgröße</b>	<b>Summe [€]</b>
<b>Luft-Wasser-Wärmepumpe</b>	-	100 kW	58.469
<b>Einbau intelligente Einzelraumregelung</b>	$(15 \cdot \text{Fläche}) \cdot 1,25$	833 m <sup>2</sup>	15.619
<b>Erneuerung Regelventile</b>	$(3,5 \cdot \text{Fläche} + 230) \cdot 1,25$	833 m <sup>2</sup>	3.932
<b>Summe</b>			<b>78.020</b>

**Anmerkung:** Die Preise für die Wärmepumpe stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 20.01.2023) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Die Preise der Einzelraumregelung und für die Erneuerung von Ventilen beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021. Um aktuelle Preissteigerungen abzubilden, wurden die Werte pauschal um 25% erhöht. Die Bezugsgröße für die Einzelraumregelung und für die Ventile enthält nicht die Fläche der Sporthalle, da die Wärmeübergabe über die Lüftungsanlage erfolgt.

Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

<b>Maßnahme</b>	<b>Enthaltene Leistung</b>
<b>Luft-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>Einbau von intelligenten Einzelraumregelungen</b>	Lieferung und Montage der intelligenten (smarten) Einzelraumregelungen, Einbindung in das Heizungsnetz, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung evtl. vorhandener Regelungen.
<b>Erneuerung Regelventile</b>	Neue Regelventile (Voreinstellbare Thermostatventile, Strangreguliertventile), gegebenenfalls notwendige geringe Anpassungen am hydraulischen System, Lohnkosten

\*Hinweis: Bei dem hydraulischen Abgleich der Luft-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.

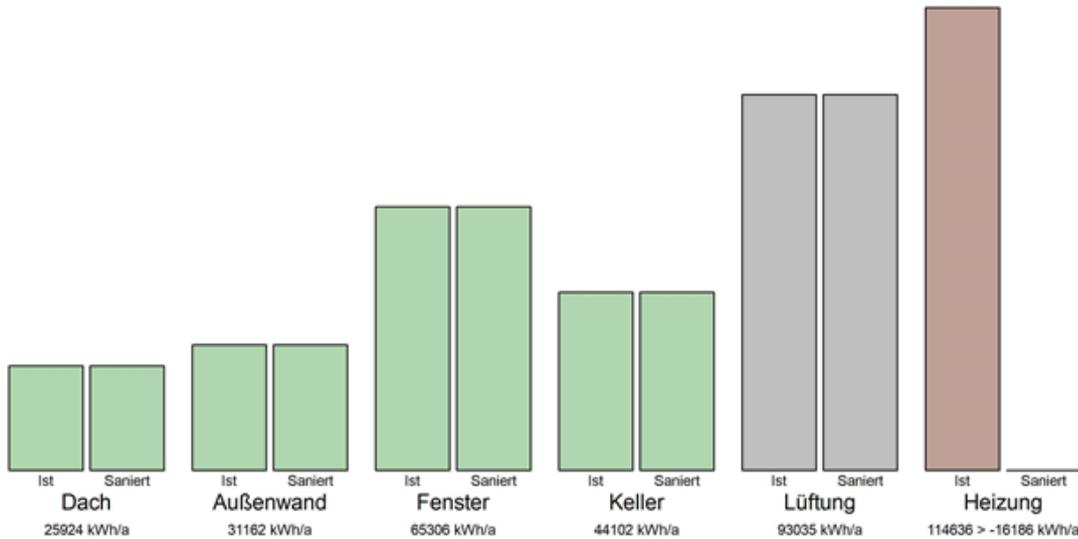
#### **BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

<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>	25 %
<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 19.505 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 5 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 43 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm. Hinweis: Da es sich bei den Wärmegewinnen durch die Wärmepumpe rechnerisch um negative Verluste handelt, fallen die Heizungsverluste in dem nachfolgenden Diagramm unter 0 kWh/a.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 301.884 kWh/Jahr reduziert sich auf 171.467 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 130.417 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 2.414 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 143 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

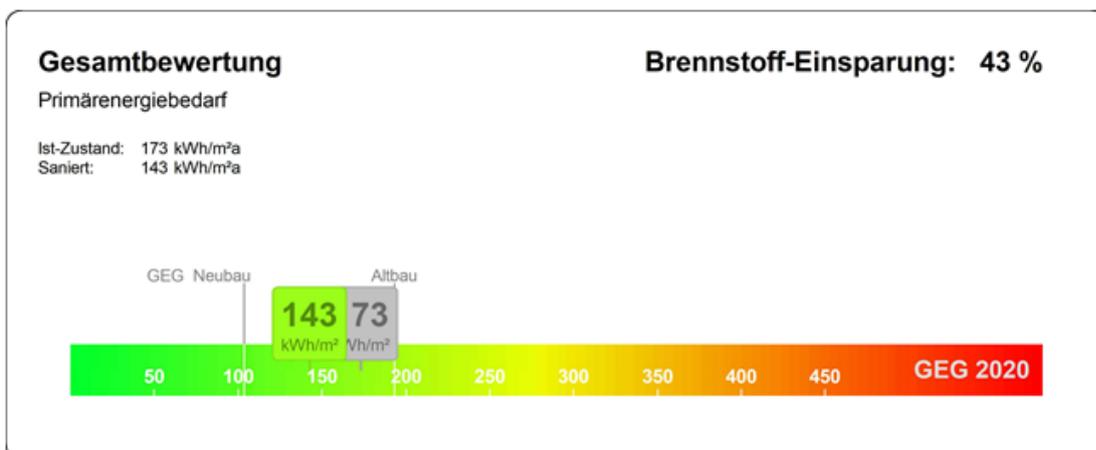


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	78.020 EUR
Mögliche Fördermittel	19.505 EUR

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

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

Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	5.244	5.244
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	45.924	101.178
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	51.168	106.422
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	38.486	150.261
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>43.839</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>3 Jahre<sup>8</sup></b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 3 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO<sub>2</sub> und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

<sup>8</sup> Vgl. Kapitel 3.8.3 Energiekosten

#### 4.7 SV 6: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Außenwandsanierung

Var. 2 – Fenster- und Türentausch

Var. 3 – Beleuchtungssanierung

Var. 4 – PV-Anlage

Var. 5 – Luft-Wasser-Wärmepumpe

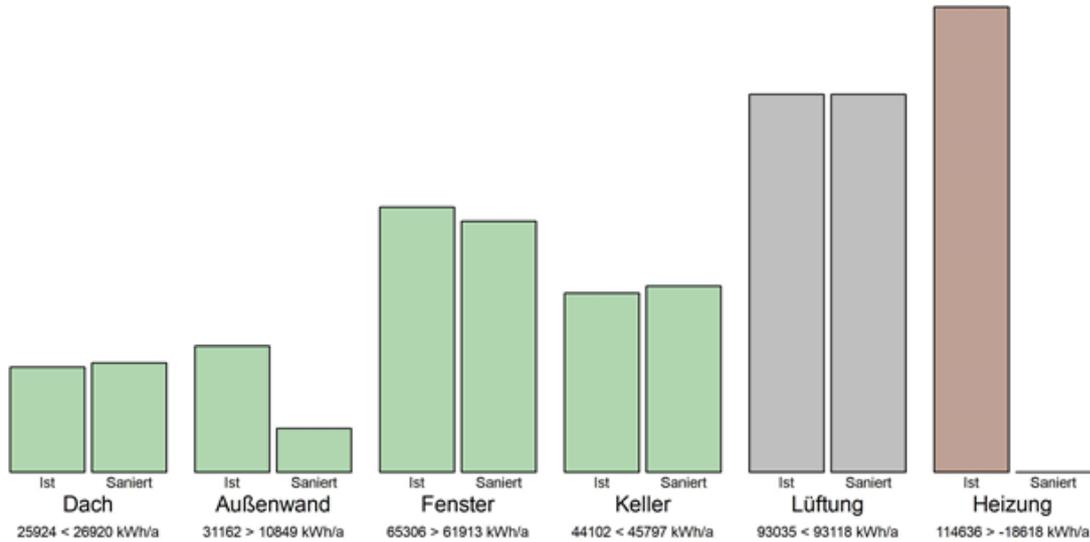
kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Durch die gemeinsame Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann jedoch kein Effizienzgebäude-Standard erreicht werden. Für die beschriebenen Sanierungsvarianten können jeweils als Einzelmaßnahme Fördermittel aus der BEG EM beantragt werden.

Tabelle 22 Überblick Fördermittel Einzelmaßnahmen

<b>Fördermöglichkeiten</b>					
<b>Sanierungsmaßnahme</b>	<b>Förderprogramm</b>	<b>Investitionskosten [€]</b>	<b>Förderquote [%]</b>	<b>Mögliche Fördermittel [€]</b>	
<b>Var. 1 Außenwandsanierung</b>	BEG EM	157.529	15	bis zu 23.629	
<b>Var. 2 Fenster- und Türentausch</b>	BEG EM	64.388	15	bis zu 9.658	
<b>Var. 3 Beleuchtungssanierung</b>	BEG EM	139.175	15	bis zu 20.876	
	Kommunalrichtlinie		25	bis zu 34.794	
<b>Var. 5 Luft-Wasser-Wärmepumpe</b>	BEG Heizungstausch	78.020	25	bis zu 19.505	
<b>Summe</b>		<b>530.632</b>		<b>bis zu 73.668 oder bis zu 87.586</b>	

**Energieeinsparung - Variante 6 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 49 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 301.884 kWh/Jahr reduziert sich auf 155.040 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 146.844 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 29.116 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 98 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

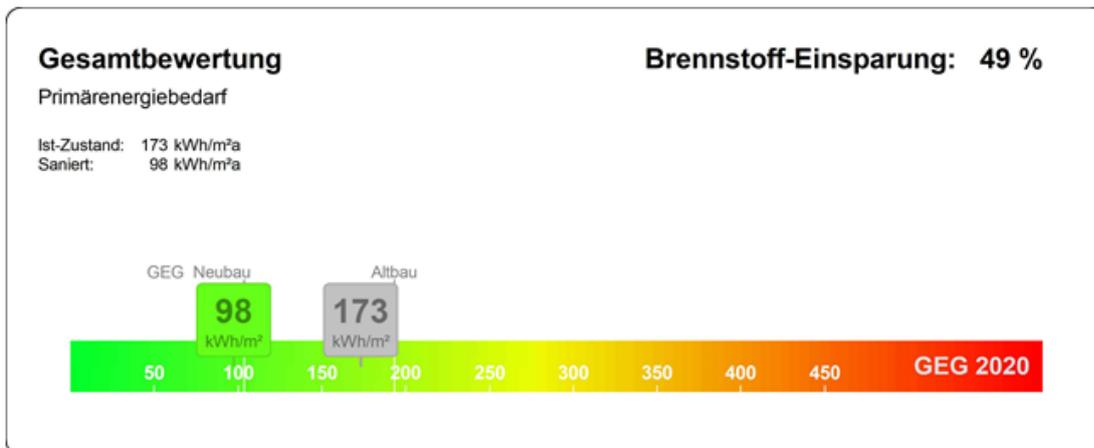


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 23 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	530.632 EUR
Mögliche Fördermittel mit BEG EM für Beleuchtung	73.668 EUR
Mögliche Fördermittel mit Kommunalrichtlinie für Beleuchtung	87.586 EUR

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

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 24 Einsparpotenzial, SV 6

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	37.022	37.022
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	48.509	108.413
<b>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</b>	<b>85.531</b>	<b>145.435</b>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	46.076	179.898
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>34.463</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>13 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 13 Jahren.

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

**Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremse 2023**

Wie Ende 2022 bekanntgegeben wurde, wird es in Deutschland ab dem Frühjahr 2023 eine Preisbremse für Strom und Gas geben. Dies führt zu neuen Preisen, die die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verändern. Die Kostenannahmen der Preisbremse sind in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25 Kostenannahmen Preisbremse

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

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 26 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern.

Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 6 mit Preisbremse

	<b>mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	37.022
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	99.517
Summe	136.539
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	113.465
<b>Einsparung</b>	<b>Keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>

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

## 4.8 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 wird ein Effizienzgebäude-Standard nicht erreicht. Der Primärenergiebedarf und der mittlere U-Wert transparenter Bauteile wären trotz vorgeschlagener Maßnahmen zu hoch.

Zum Verringern des mittleren U-Wertes transparenter Bauteile würde eine Erneuerung der Lichtbänder, welche vor wenigen Jahren bereits erneuert wurden, wirtschaftlich keinen Mehrwert bieten. Um den Primärenergiebedarf zu senken, könnte die Wärmeerzeugung komplett auf Wärmepumpen ausgelegt werden. Jedoch ist die Nutzungsdauer vom Gas-Brennwertkessel nicht erreicht. Zusätzlich müssten die Heizungsflächen überprüft werden, ob sie für den monoenergetischen Betrieb einer Wärmepumpe, in Kombination mit einem Heizstab, nicht unterdimensioniert wären. Weiterhin müssten Überlegungen zur Warmwasserbereitung getroffen werden. Eine Warmwasserbereitung über eine Wärmepumpe verschlechtert ihre Effizienz. Außerdem muss das Thema Legionellenrisiko bei Wärmepumpen mitbetrachtet werden.

Für das Erreichen der EE-Klasse muss zum einen die Bereitstellung der Energie zu mehr als 65% durch erneuerbare Energien erfolgen. Seit 2023 muss zusätzlich eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für die Aufenthalts-Zonen vorhanden sein. Zum Erreichen der EE-Klasse müssten zusätzlich noch Wärmerückgewinnungssysteme für die Lüftungen der Umkleiden nachgerüstet werden müsste.

### 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	131,5	220,8	157,7	63,1	86,7	110,4	157,7	252,3
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,24	0,56		0,18	0,22	0,26	0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	1,9	2,7		1,0	1,2	1,4	1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,1	4,3		1,6	2,0	2,4	3,0	

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

### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	28365	8,7
Wärmepumpen	197394	60,2

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

EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 68,9%

Abbildung 19 EG-Betrachtung 3-Feld-Sporthalle

## 5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der 3-Feld-Sporthalle von den Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf. Für den vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Gebäudes durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik aufgenommen, sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 5 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 43 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch die Einbindung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 3 % gesenkt werden. Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 49 % bzw. an CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 33 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich.

Aufgrund der hohen Einsparungen wird der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe empfohlen. Doch hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, sollte die Maßnahmenkombination umgesetzt werden. Durch den gesenkten Endenergiebedarf der restlichen Maßnahmen könnte Wärmepumpen ebenfalls effizienter arbeiten. In Kombination mit dem regenerativ erzeugten Strom aus der PV-Anlage würden sich die CO<sub>2</sub>-Emission deutlich verringern.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Emissionen selbst bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht gänzlich vermieden werden und liegen bei ca. 61 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strommix im Laufe der nächsten Jahre voraussichtlich deutlich verbessern und die anzusetzenden CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh Strom werden weiter sinken. Damit das Ziel der Treibhausgasneutralität tatsächlich erreicht wird, sind für die zunächst verbleibenden Emissionen Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen. Diese könnten z.B. der Bau- und Betrieb eigener regenerativer Energieerzeugungsanlagen wie Windenergieanlagen oder Freiflächen PV-Anlagen sein, auf eine Beteiligung an solchen Anlagen könnte zur bilanziellen Treibhausgasneutralität führen.

Um die vollständige Fördersumme für Einzel- oder Gesamtsanierungen auszuschöpfen, sollten Fördermittel rechtzeitig beantragt und auf die Möglichkeit der Kombination mit weiteren Maßnahmen geprüft werden.

## 6 ANHANG

### A.1 GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

#### **Energiebedarf**

Energiemenge, die unter genormten Bedingungen (z. B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, zu erreichende Innentemperatur, angenommene innere Wärmequellen) für Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (nur Wohngebäude) zu erwarten ist. Diese Größe dient der ingenieurmäßigen Auslegung des baulichen Wärmeschutzes von Gebäuden und ihrer technischen Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung sowie dem Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden. Der tatsächliche **Verbrauch** weicht in der Regel wegen der realen Bedingungen vor Ort (z. B. örtliche Klimabedingungen, abweichendes Nutzerverhalten) vom berechneten Bedarf ab.

#### **Jahres-Primärenergiebedarf**

Jährliche Endenergiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des Brennstoffes und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik mithilfe der für die jeweiligen Energieträger geltenden Primärenergiefaktoren auch die Energiemenge einbezieht, die für die Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe (vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes) erforderlich ist.

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO<sub>2</sub>-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energie-sparverordnung.

#### **Endenergiebedarf**

Endenergiemenge, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um die normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Diese Energiemenge bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung, usw.) benötigte Hilfsenergie ein.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die dem Verbraucher (im Allgemeinen der Eigentümer) geliefert und mit ihm abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe. Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.



### **Heizwert/Brennwert**

Der Heizwert gibt an, wie viel Energie ein Stoff enthält, wenn diese durch einfaches Verbrennen als Wärme nutzbar gemacht wird. Die im Abgas befindliche Energie entweicht hierbei ungenutzt. Durch den Einsatz der Brennwerttechnik kann jedoch auch den Verbrennungsabgasen Energie entzogen werden. Der Brennwert liegt daher höher als der Heizwert.

### **U-Wert (früher k-Wert)**

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

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

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

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

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

### **Anlagenverluste**

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

### **Wärmebrücken**

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

### **Gebäudevolumen $V_e$**

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

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

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

### **Kompaktheit A/V**

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

### **Gebäudenutzfläche $A_N$**

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