



**BERATUNGSBERICHT**  
zur energetischen Betrachtung  
von Nichtwohngebäuden

## FÜR DIE BERUFSBILDENDE SCHULE TECHNIK BAUTEILE B, C, D, E und F

**Auftraggeber**

Landkreis Cloppenburg  
Eschstraße 29  
49661 Cloppenburg

**Auftragnehmer**

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

Greven, den 04. April 2023



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 .....	13
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG .....	15
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN .....	19
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft .....	19
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte .....	20
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE .....	22
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung .....	22
3.6 WÄRMEBRÜCKEN .....	23
3.7 ANLAGENTECHNIK .....	23
3.7.1 Heizungsanlage .....	23
3.7.2 Warmwasserversorgung .....	23
3.7.3 Beleuchtung .....	23
3.7.4 Lüftungstechnik .....	23
3.7.5 Photovoltaik-Anlage .....	24
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: DACHSANIERUNG .....	31

4.3	SV 2: DÄMMUNG DER AUßENWÄNDE .....	34
4.4	SV 3: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH .....	37
4.5	SV 4: LED-BELEUCHTUNG .....	40
4.6	SV 5: LÜFTUNGSANLAGE MIT WRG .....	44
4.7	SV 6: MAßNAHMENKOMBINATION .....	47
4.7.1	Effizienzgebäudebetrachtung .....	51
4.8	GESAMTÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN .....	52
5	Fazit .....	53
6	Anhang .....	54
A.1	GLOSSAR .....	54

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert) .....	12
Abbildung 2 3D-Ansicht des Kreishauses.....	15
Abbildung 3 Nutzungszonen .....	17
Abbildung 4 Grundriss KG, zониert.....	17
Abbildung 5 Grundriss EG, zониert.....	18
Abbildung 6 Grundriss OG, zониert .....	18
Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	20
Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte .....	21
Abbildung 9 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste .....	26
Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes .....	26
Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf .....	27
Abbildung 12 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Kreishauses.....	27
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1 .....	32
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2 .....	35
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3 .....	38
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4 .....	42
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5 .....	45
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6 .....	48
Abbildung 19 Berechnung des Energiebedarfs .....	55

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	13
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung .....	15
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch .....	19
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	20
Tabelle 5 Gebäudekennwerte .....	22
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	24
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung .....	25
Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	25
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger .....	28
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger .....	28
Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie.....	28
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1 .....	33
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1 .....	33
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2 .....	36
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2 .....	36
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3 .....	39
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 3 .....	39
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4 .....	43
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 4 .....	43
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5 .....	46
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5 .....	46
Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6 .....	49
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 6 .....	49

## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für das BBS Technik 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.

---

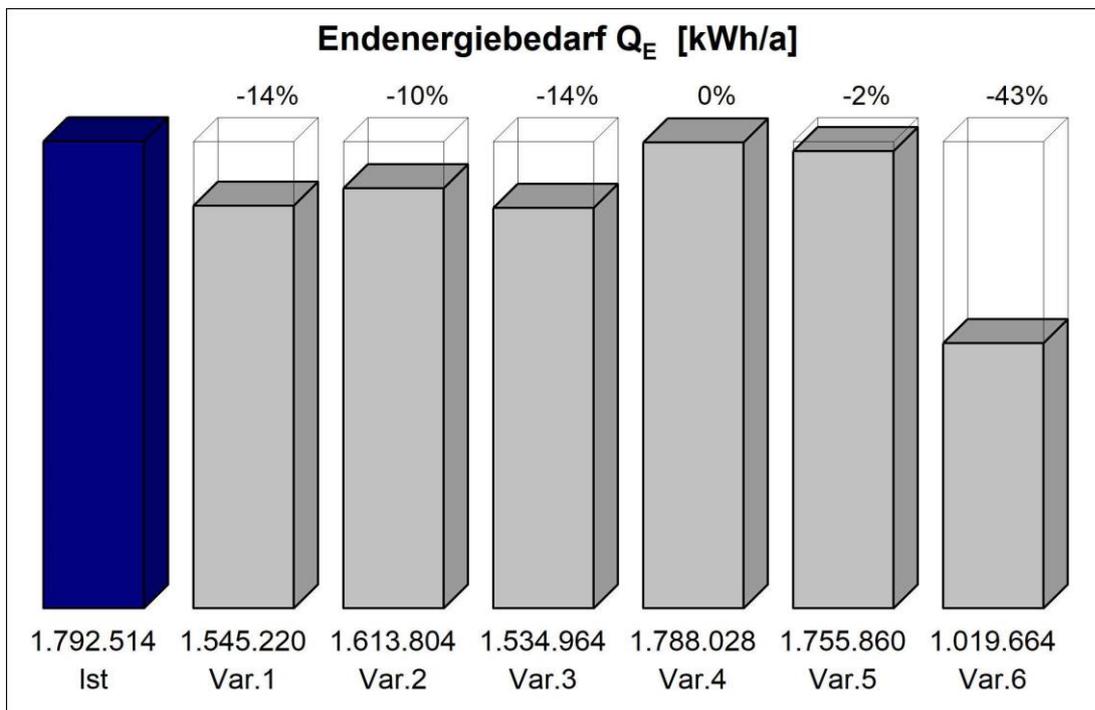
<sup>1</sup> <https://www.hottgenroth.de>

## 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:

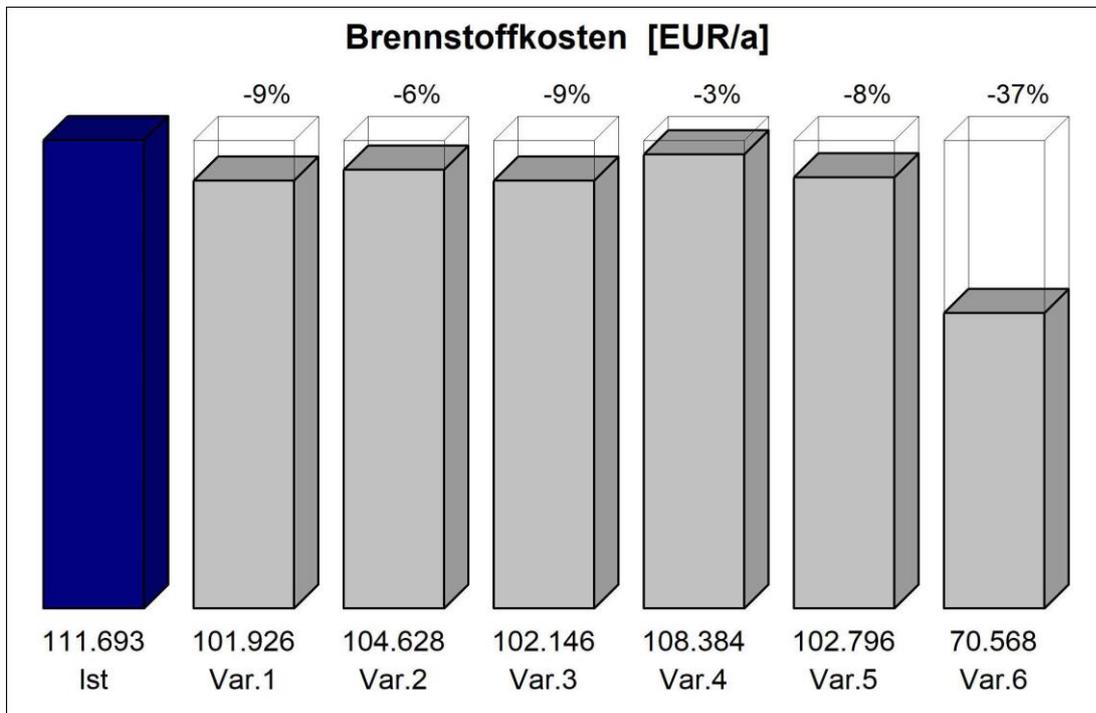
- Ist-Zustand
- Var.1 - Dach
- Var.2 - Außenwand
- Var.3 - Fenster- & Türentausch
- Var.4 - Beleuchtung
- Var.5 - Lüftungsanlagen mit WRG
- Var.6 - Maßnahmenkombination



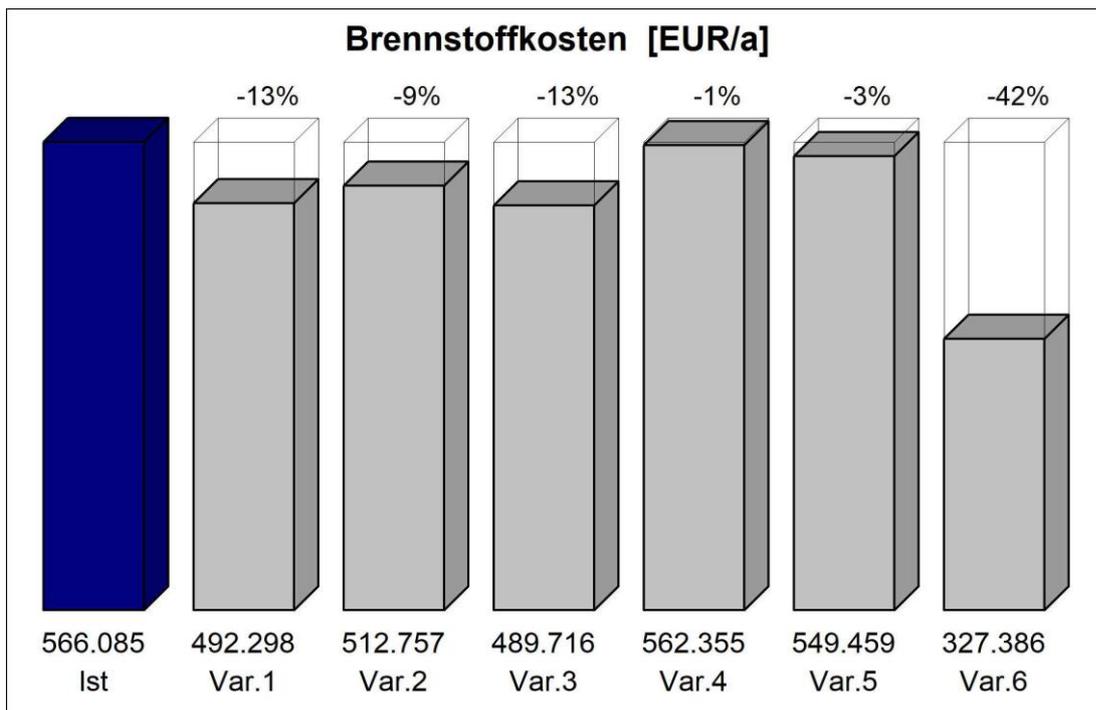
Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt.

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dach
- Var.2 - Außenwand
- Var.3 - Fenster- & Türentausch
- Var.4 - Beleuchtung
- Var.5 - Lüftungsanlagen mit WRG
- Var.6 - Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



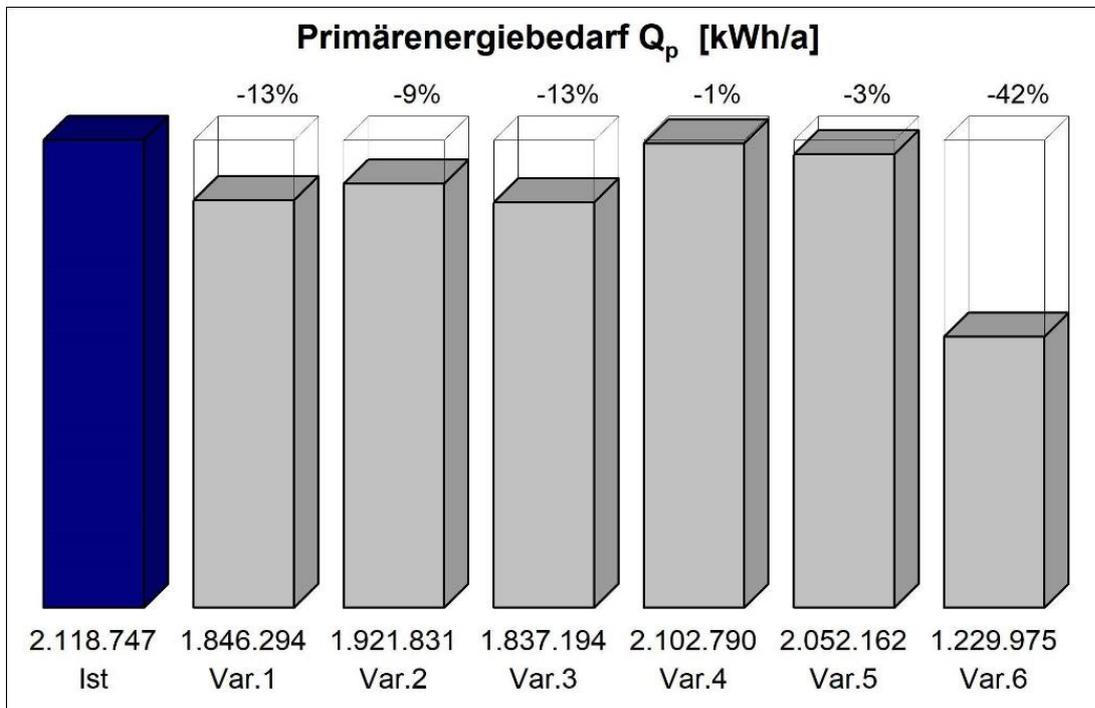
Brennstoffkosten nach neuen Preisen:

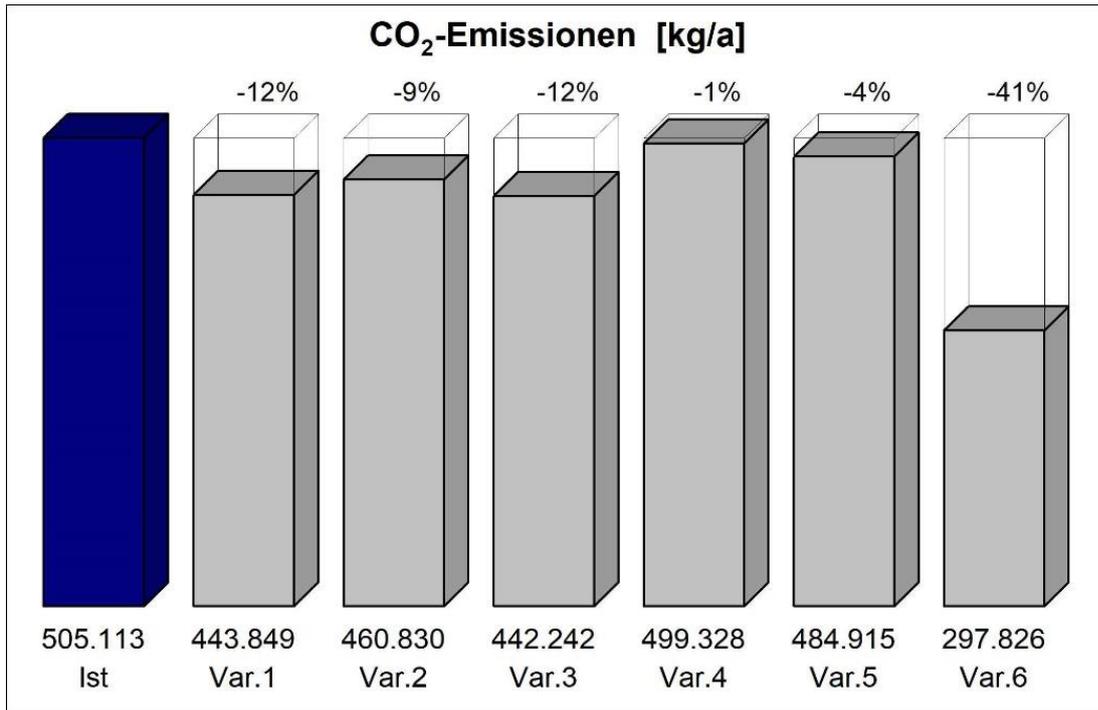


## 2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

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

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dach
- Var.2 - Außenwand
- Var.3 - Fenster- & Türentausch
- Var.4 - Beleuchtung
- Var.5 - Lüftungsanlagen mit WRG
- Var.6 - Maßnahmenkombination

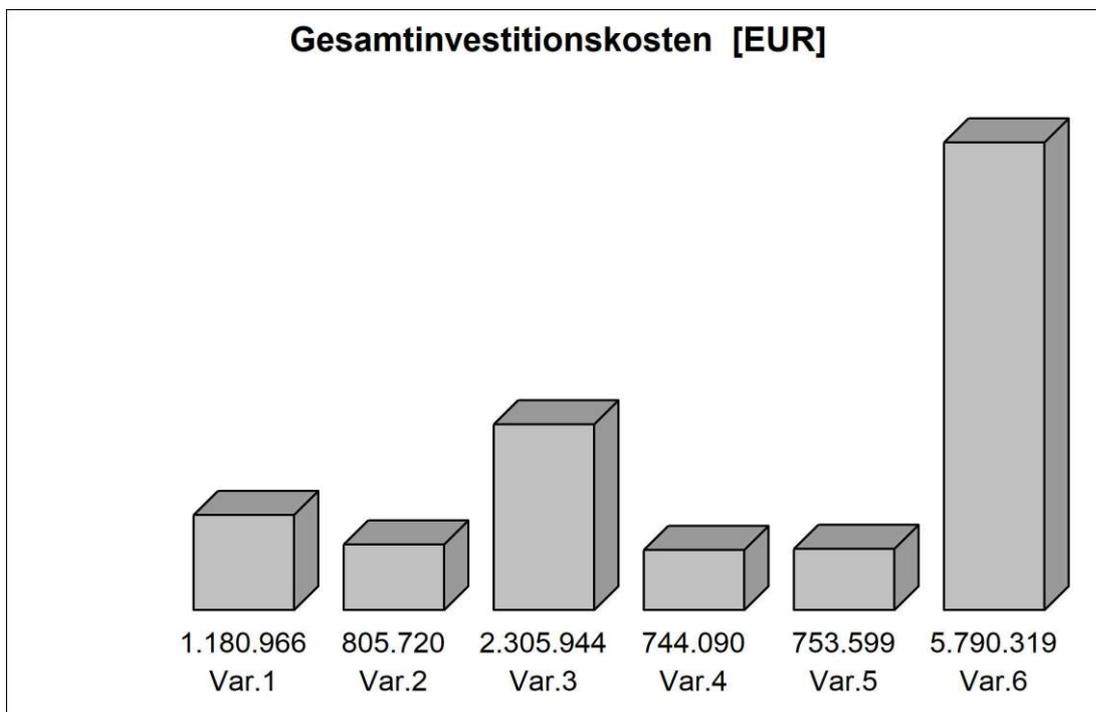




## 2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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.

Ist-Zustand  
Var.1 - Dach  
Var.2 - Außenwand  
Var.3 - Fenster- & Türentausch  
Var.4 - Beleuchtung  
Var.5 - Lüftungsanlagen mit WRG  
Var.6 - Maßnahmenkombination



### 3 AUSGANGSSITUATION

#### 3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Bauteile B, C, D, E und F der BBS Technik liegen am Lankumer Feldweg 31, 49661 Cloppenburg (vgl. Abbildung 1). Die Bauteile wurden zwischen 1980 und 1984 errichtet. Bis auf Bauteil B (Pultdach) haben alle Bauteile Satteldächer.

Das Gebäude wurde als Massivbau errichtet und verfügt über einen Kriechkeller. Die Außenfassade besteht überwiegend aus roten Klinkern und großen Fenster-Flächen. Bauteil B hat ein Pultdach. Bislang wurden keine nennenswerten energetischen Maßnahmen umgesetzt.

Die Bauteile B, C, D, E und F der BBS Technik werden über die Heizzentrale, die in der Sporthalle untergebracht ist, versorgt. Die Unterverteilungen, der einzelnen Bauteile wurden schon einmal saniert. Die Pumpen sind geregelt und die Leitungen gedämmt.



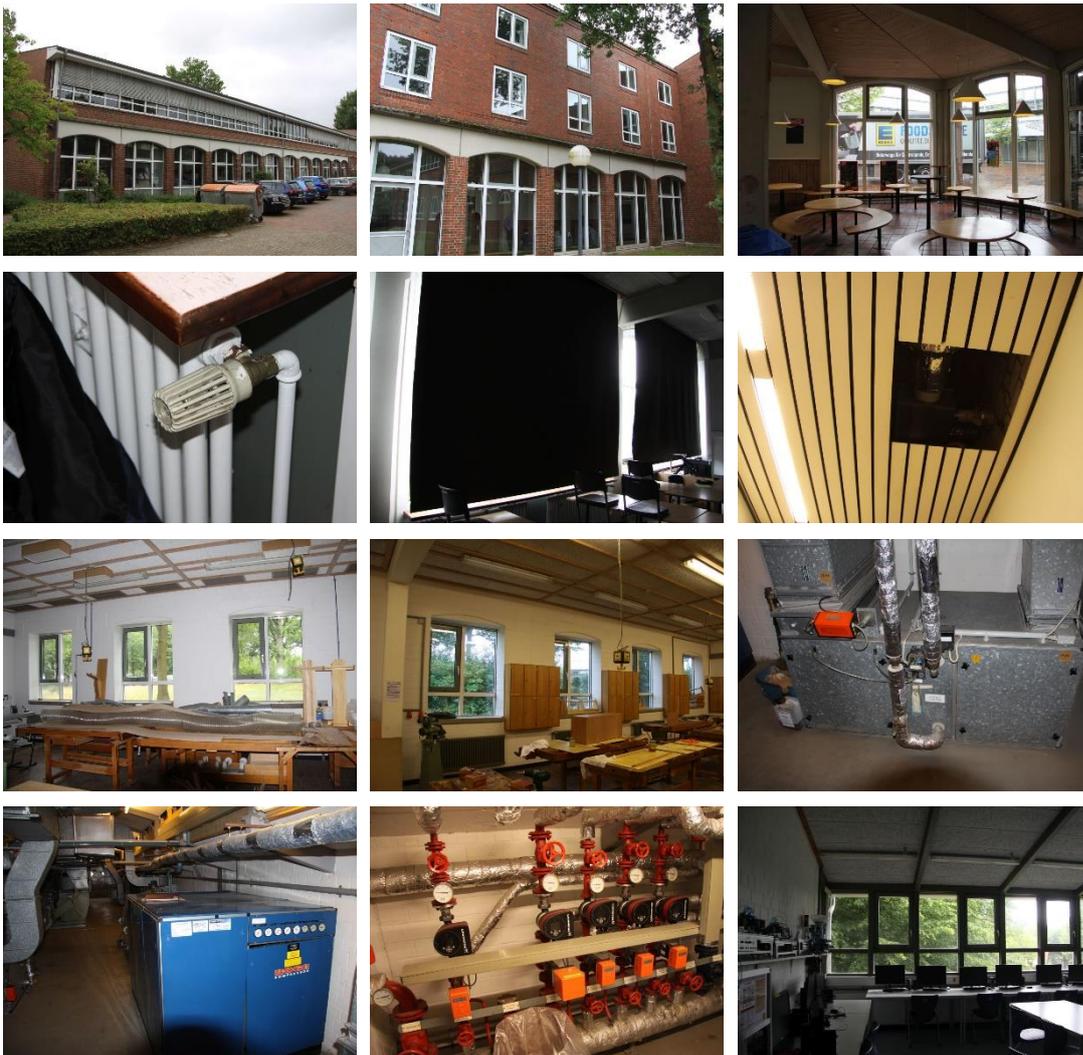
Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)  
 NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 30.03.2023)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Kreishaus Cloppenburg
Gebäudetyp	Schule
Straße, Hausnr.	Lankumer Feldweg 1
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg
Baujahr	1980 bis 1984
Beheiztes Gebäudevolumen V	38.211 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche ANGF	11.041 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche	14.907 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschosshöhe	ca. 3,30 m

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

### 3.2 FOTODOKUMENTATION





### 3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

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



Abbildung 2 3D-Ansicht des Kreishauses

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Konditionierung			Größe in m <sup>2</sup>	Anteilige Größe der Zone in %
	Thermische Konditionierung	RLT	Beleuchtung		
Verkehrsfläche C	beheizt	-	Leuchtstofflampe - stabförmig, KVG	451	4%
Sanitärräume D	beheizt	-	Leuchtstofflampe - stabförmig, KVG	47	0%
Sanitärräume F	beheizt	-	Leuchtstofflampe - stabförmig, KVG	34	0%
Klassenzimmer E	beheizt	Zu- und Abluftanlage	Leuchtstofflampe - stabförmig, KVG	1.436	13%
Verkehrsfläche F	beheizt	-	Leuchtstofflampe - stabförmig, EVG	126	1%
Lager B	beheizt	-	Leuchtstofflampe - kompakt, KVG extern	136	1%
Verkehrsfläche E	beheizt	Zu- und Abluftanlage	Leuchtstofflampe - kompakt, KVG extern	302	3%
Lager C	beheizt	Zu- und Abluftanlage	Leuchtstofflampe - stabförmig, KVG	123	1%
Cafeteria B	beheizt	Zu- und Abluftanlage	Leuchtstofflampe - kompakt, KVG extern	111	1%
Klassenzimmer D	beheizt	Zu- und Abluftanlage	Leuchtstofflampe - stabförmig, KVG	1.246	11%

Lager F	beheizt	Zu- und Abluft-anlage	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	282	3%
Lager E	beheizt	Zu- und Abluft-anlage	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	294	3%
Klassenzimmer C	beheizt	Zu- und Abluft-anlage	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	1.151	10%
Verkehrsfläche D	beheizt	-	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	462	4%
Klassenzimmer B	beheizt	-	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG und Leuchtstoff-lampe kompakt, KVG extern	1.709	15%
Sanitärräume B	beheizt	-	Leuchtstoff-lampe - kompakt, KVG extern	201	2%
Sanitärräume C	beheizt	-	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	47	0%
Verkehrsfläche B	beheizt	-	Leuchtstoff-lampe - kompakt, KVG extern	1.375	12%
Keller - Sonstige Aufenthalts-räume	beheizt	-	Glühlampe	173	2%
Klassenzimmer F	beheizt	Zu- und Abluft-anlage	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	1.298	12%
Lager D	beheizt	Zu- und Abluft-anlage	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	36	0%
<b>Summe</b>				<b>11.040</b>	<b>100%</b>





### 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. Um die Verbräuche besser einordnen zu können, sollte der Landkreis Cloppenburg in der Zukunft eigene Messungen für die einzelnen Gebäude durchführen.

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

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

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

Der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser aus den Jahren 2016, 2017 und 2018 der BBS Technik zu entnehmen.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	2.245.789	2.593.081	2.742.014	2.526.961
Strom [kWh/a]	424.907	423.682	415.288	421.292
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	2.670.696	3.016.763	3.157.302	2.948.254
Wasser [m <sup>3</sup> /a]	2.142	1.878	1.608	1.876

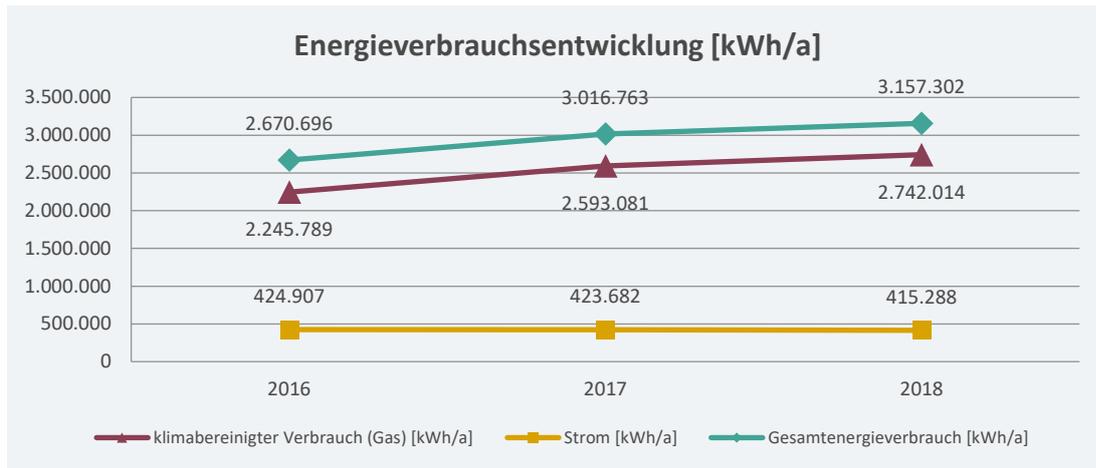


Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

### 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 Bauteile B, C, D, E, F der BBS Technik mit insgesamt 11.897 m<sup>2</sup>. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.<sup>2</sup>

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Verwaltungsgebäude	Energieverbrauchskennwerte			
	in [kWh/m <sup>2</sup> NGFa] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NGFa]			
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert	
Strom		7	52	20
Wärme		43	310	84
Wasser		56	230	147

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

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

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

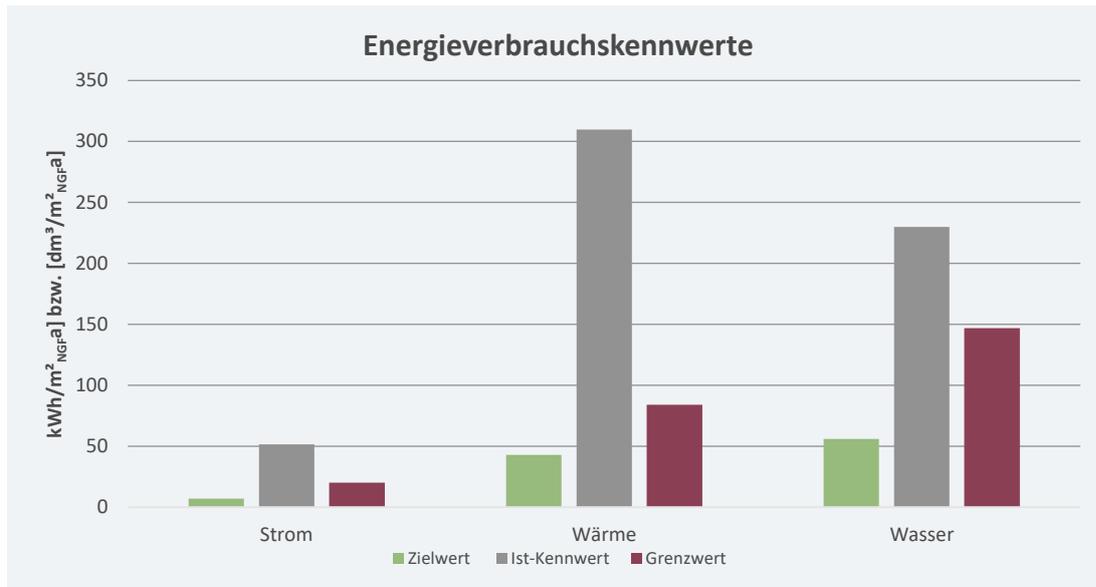


Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser sind höher als die Grenzwerte. Der weitere Ausbau der LED-Beleuchtung und die Nutzung von Präsenzmeldern würde den Stromverbrauchskennwert näher an den Zielwert bringen. Weitere Sanierungsmaßnahmen sowohl an der Hüllfläche als auch an der Anlagentechnik sind notwendig, um den Energieverbrauchskennwert für Wärme an den Zielwert anzunähern. Um den Wasserverbrauch zu senken, können Durchflussbegrenzer in den WC-Räumen eingesetzt werden.

### 3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

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

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

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

Tabelle 5 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	Ist-Zustand	GEG <sup>5</sup>	BEG-Förderung <sup>6</sup>
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
<b>Bodenplatte</b>	<b>0,80</b>	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
<b>Außenwand</b>	<b>0,80</b>	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
<b>Pulldächerdächer</b>	<b>0,70</b>	0,20	0,14
<b>Satteldächer</b>	<b>0,70</b>	0,24	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
<b>Fenster</b>	<b>3,20</b>	1,30	0,95
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
<b>Außentüren</b>	<b>3,50</b>	1,80	1,30

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

<sup>4</sup> Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß GEG Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen. Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten 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>Außentüren</b>	<b>4,20</b>	<b>1,80</b>	<b>1,30</b>
-------------------	-------------	-------------	-------------

### 3.6 WÄRMEBRÜCKEN

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

Bei der Planung und Ausführung von baulichen Maßnahmen an der Gebäudehülle sollte daher besonders auf die Beseitigung bestehender Wärmebrücken und die Vermeidung neuer Wärmebrücken geachtet werden. Bei einer durchgeführten Prüfung mittels einer Wärmebildkamera wurden an dem Gebäude keine offensichtlichen Wärmebrücken erkannt.

### 3.7 ANLAGENTECHNIK

#### 3.7.1 Heizungsanlage

Die Gebäude werden über die Heizzentrale, die in der Sporthalle untergebracht ist, versorgt.

#### 3.7.2 Warmwasserversorgung

Der tägliche Nutzenergiebedarf für Warmwasser beträgt unter 0,2 kWh je Person. Daher wird der Warmwasserbedarf in der Bilanzierung vernachlässigt.

#### 3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt überwiegend durch Leuchtstoffröhren, vereinzelt LED-Leuchten und Halogen-Lampen (vgl. Kap. 3.3).

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 aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen austretende Schadstoffe zu entfernen.

Die folgenden Zonen werden über Lüftungsanlagen versorgt:

- Cafeteria B
  - Zu- und Abluftanlage mit Erwärmung
- Klassenzimmer C
  - Zu- und Abluftanlage
- Lager D

- Zu- und Abluftanlage
- Klassenzimmer D
  - Zu- und Abluftanlage
- Verkehrsfläche E
  - Zu- und Abluftanlage
- Lager E
  - Zu- und Abluftanlage
- Klassenzimmer E
  - Zu- und Abluftanlage
- Lager F
  - Zu- und Abluftanlage
- Klassenzimmer F
  - Zu- und Abluftanlage

Die Lüftungsanlagen stammen noch aus dem jeweiligen Baujahr der Gebäude.

### 3.7.5 Photovoltaik-Anlage

Auf den Bauteilen H (Bautechnikhalle) und E sind Photovoltaikanlagen installiert. Der Strom wird komplett eingespeist. Die PV-Anlage gehört der EWE (Dach wurde der EWE für die PV-Anlage verpachtet).

## 3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG

### 3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

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

Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599

<b>Energiebedarfskennwerte<sup>7</sup> des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
<b>spez. Endenergiebedarf Heizung</b>	<b>174,27</b>
<b>Beleuchtungsstrom</b>	<b>7,92</b>
<b>Strom für die Lüftungsanlagen</b>	<b>7,30</b>

**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,

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

die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind jedoch, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 30 % durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

<b>Energiebedarfskennwerte des bewerteten Gebäudes [kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>*a)]</b>	
spez. Endenergiebedarf Heizung	147,13
Beleuchtungsstrom	7,92
Strom für die Lüftungsanlage	7,3

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

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

### 3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

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

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

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

Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

<b>Verluste</b>	<b>jährlich [kWh/a]</b>	<b>anteilig [%]</b>
<b>Transmissionsverluste</b>		
Dach	276.513	23,2
Außenwand	304.272	25,5
Fenster	476.741	40,0
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	134.548	11,3
<b>Gesamt</b>	<b>1.192.073</b>	<b>100,0</b>
<b>Lüftungsverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>630.657</b>	<b>100,0</b>

Anlagenverluste		
Gesamt (Heizung + Warmwasser)	522.540	100,0

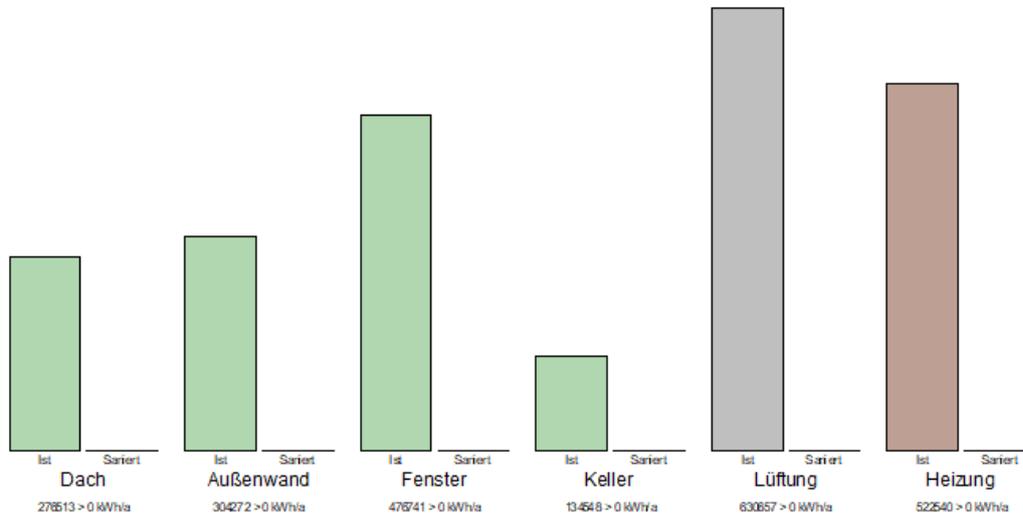


Abbildung 9 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

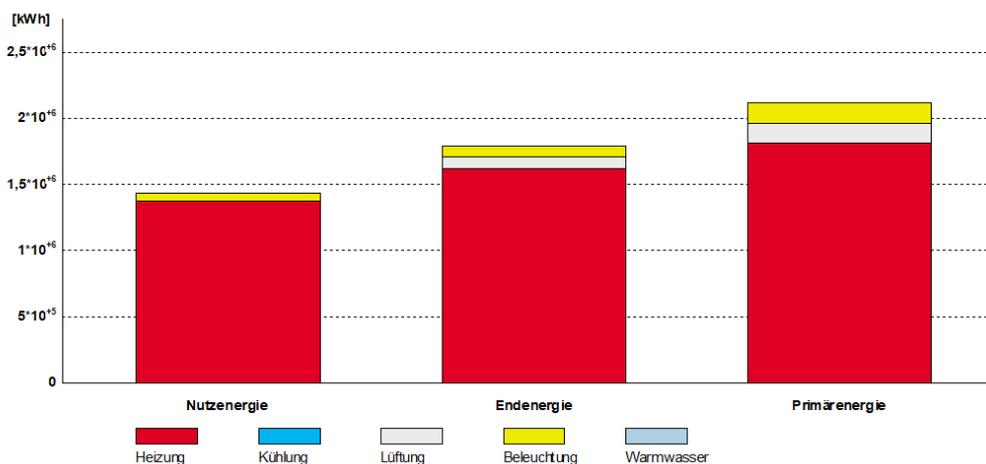


Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 191,90 kWh/m<sup>2</sup>a.

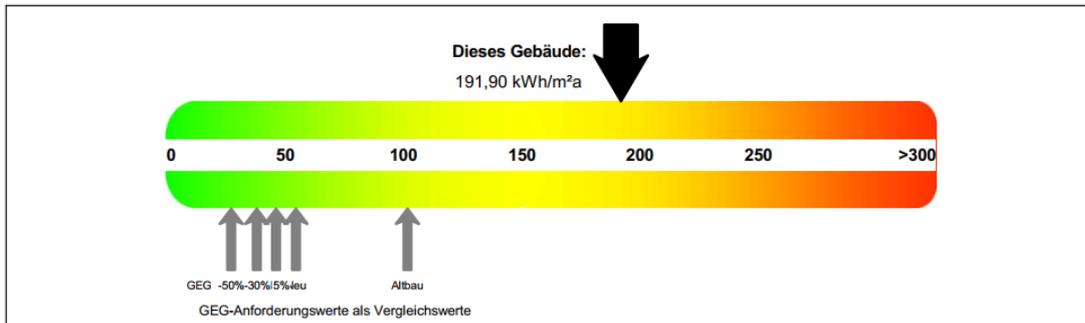


Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand der BBS Technik ist dem Baulter entsprechend mittelmäßig. 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	191,9	❑ 101,9	72,8	❑ 29,1	❑ 40,0	❑ 51,0	❑ 72,8	❑ 116,5
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,63	❑ 0,56		❑ 0,18	❑ 0,22	❑ 0,26	❑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	3,3	❑ 2,7		❑ 1,0	❑ 1,2	❑ 1,4	❑ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	3,6	✅ 4,3		❑ 1,6	❑ 2,0	❑ 2,4	❑ 3,0	

Abbildung 12 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Kreishauses

Aus Abbildung 12 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand **keinen** Effizienzgebäude-Standard erfüllt.

### 3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 9 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg. Da diese Werte deutlich niedriger sind, als aktuelle, ortsübliche Tarife, sind in Tabelle 10 Werte aus aktuellen Tarifen abgebildet. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger

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

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

Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger

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

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

Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie

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

Anmerkung: Zinssatz wurde aus Erfahrungswerten angenommen.

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

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

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

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

### 3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

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

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 - Dachsanierung

Var. 2 – Dämmung der Außenwände

Var. 3 – Fenster- & Türenaustausch

Var. 4 – LED-Beleuchtung

Var. 5 – Lüftungsanlage mit WRG

Var. 6 – Maßnahmenkombination

**Anmerkung:**

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 6) kann ein Effizienzgebäude-Standard nicht erreicht werden. Für Details siehe Kap. 4.7.1.

## 4.2 SV 1: DACHSANIERUNG

In dieser Variante werden die Dachflächen des Gebäudes erneuert und zusätzlich gedämmt.

Die Dächer können mit einer 20 cm dicke Zwischensparrendämmung mit einem Lambda-Wert von 0,035 W/mK gedämmt werden. Um BEG-Förderung in Anspruch nehmen zu können, muss der U-Wert für Einzelmaßnahmen  $\leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  betragen. Dieser Wert wird durch die gewählte Dämmstoffdicke erreicht. Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche	Summe [€]
Aufsparrendämmung ohne Dachziegel	144,18		
Dachziegel	43,64		
<b>Sattel- &amp; Pultdächer gesamt</b>	200	4.755	981.546
<b>Austausch der Dachfenster</b>	1.300	154	199.420
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>1.180.966</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). Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Sattel- & Pultdächer	Abbruch Dachziegel, Entsorgung durch LKW, neue Dachschalung, neue Dampfbremse, Wärmedämmung, neue Dachdeckung (Biberschwanzziegel), Baustelleneinrichtung, Lohn und Montage.

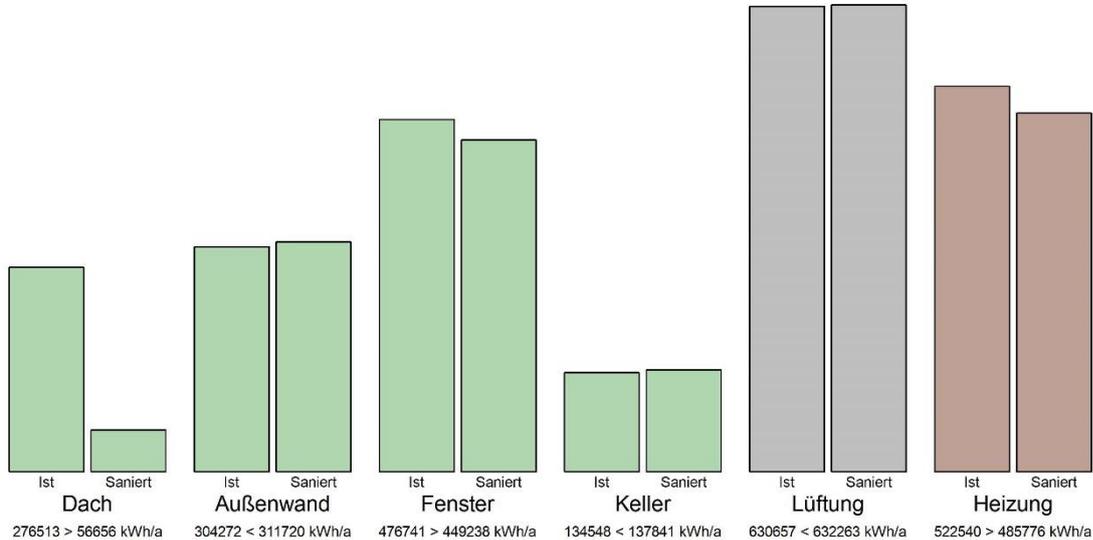
### BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

<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 177.000 € beantragt werden.

**Energieeinsparung - Variante 1 -**

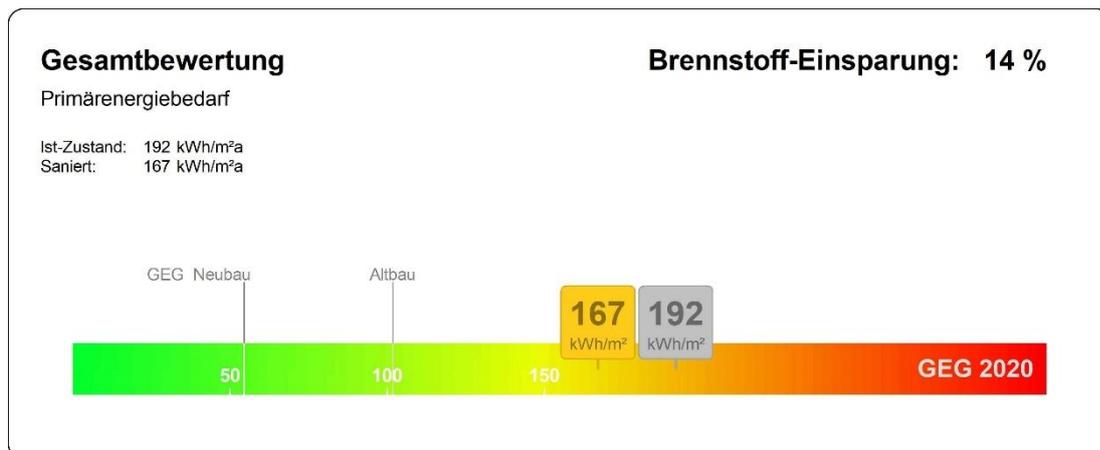
Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **14 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.792.514 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.545.220 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 247.294 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 61.264 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 167 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.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1*

Gesamtinvestitionen	1.181.000 EUR
Mögliche Fördermittel	177.000 EUR

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

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

*Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	60.252	60.252
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	181.844	878.296
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	242.096	938.548
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	199.268	1.009.938
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>71.390 €</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>15 Jahre</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 15 Jahren.

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

### 4.3 SV 2: DÄMMUNG DER AUßENWÄNDE

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

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche	Summe [€]
Außenwand neuer Klinker	210	3.836,76	805.720

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

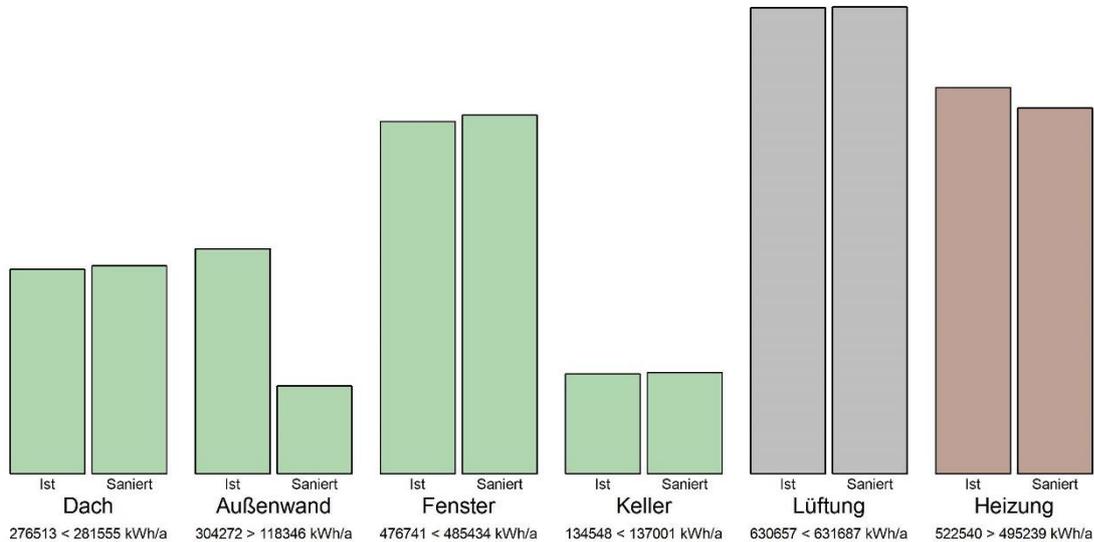
#### **BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen**

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 121.000 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 2 -

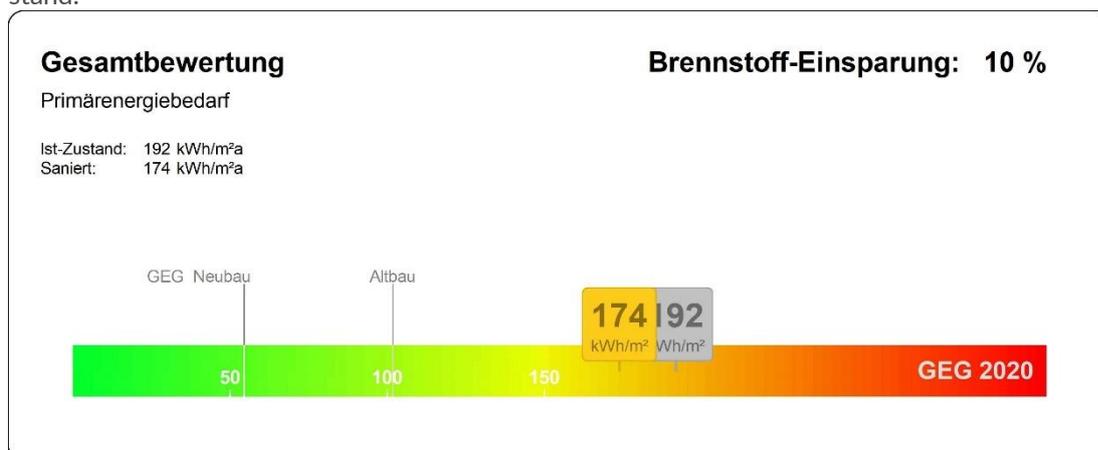
Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 10 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.792.514 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.613.804 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 178.710 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 44.284 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 174 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.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2*

Gesamtinvestitionen	805.720 EUR
Mögliche Fördermittel	121.000 EUR

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

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

*Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	41.107	41.107
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	186.664	914.796
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	227.771	955.903
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	199.268	1.009.938
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b><i>Keine Einsparung</i></b>	<b><i>54.035</i></b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>15 Jahre</i></b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 15 Jahren.

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

#### 4.4 SV 3: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Die Fenster des Gebäudes stammen aus den Jahren 1980 bis 1984 und weisen daher keine gute Wärmedämmeigenschaften auf und sollten erneuert werden. Der aktuelle  $U_w$ -Wert für Fenster nach dem GEG beträgt  $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein  $U_w$ -Wert von  $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$  anzusetzen.

Die alten Fenster werden durch neue 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem  $U_w$ -Wert von  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  ersetzt. Die Fensterfläche (abzüglich der Dachfenster) entspricht etwa  $1.600 \text{ m}^2$ .

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

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Alu-Einzelfenster inkl. Einbau	1.172,33		
<b>Einzelfenster gesamt</b>	1.200	1.601	1.921.200
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
<b>Außentüren</b>	2.150	179	384.850
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>2.306.050</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

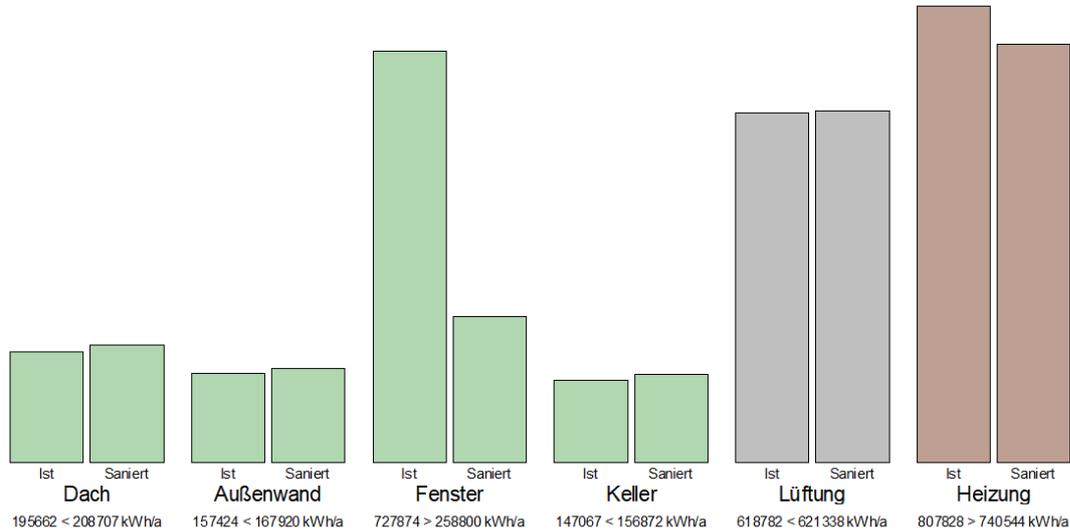
#### BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

<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 346.000 € beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 3 -

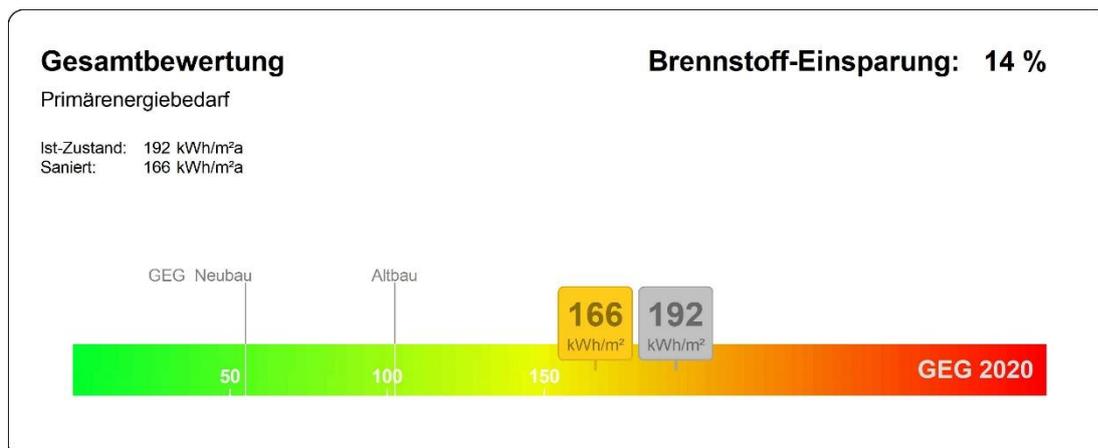
Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **14 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.792.514 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.534.964 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 352.600 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 62.872 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 166 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.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3*

Gesamtinvestitionen	2.306.000 EUR
Mögliche Fördermittel	346.000 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 17 Einsparpotenzial, SV 3*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	117.648	117.648
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	182.236	873.688
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	299.884	991.336
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	199.268	1.009.938
<b><i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i></b>	<b><i>Keine Einsparung</i></b>	<b><i>18.602</i></b>
<b><i>Amortisationszeit</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>27 Jahre</i></b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 27 Jahren.

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

## 4.5 SV 4: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die vorhandenen Leuchtstoffröhren in den Nutzungsräumen durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt.

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

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

Nachfolgend ist ein Klassenzimmer im EG abgebildet, der aktuell durch Leuchtstoffröhren beleuchtet wird. Durch intelligente Sensorik, wie Präsenzmelder und Tageslichtsensoren, kann die Einsparung noch erhöht werden.

### Lichtrechner

#### Leuchte

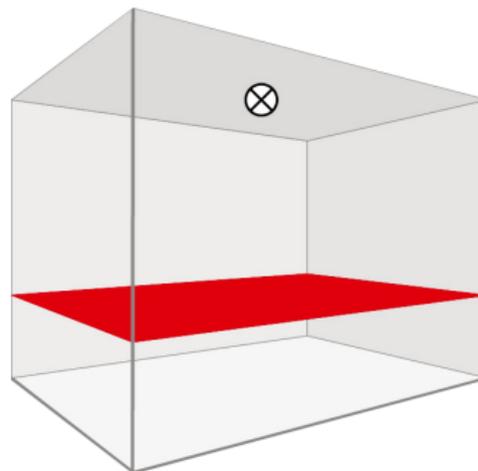
Montageart: Anbau  
Leuchtenlichtstrom: 4.000 lm

#### Nutzebene

Höhe über Boden: 0,75 m  
Beleuchtungsstärke: 500 lx  
Randbereich von 0,5 m: Ja

#### Raum

Maße: 10,7 x 6,95 x 3,91 m  
Reflexionsgrad: 70/50/20  
Wartungsfaktor: 0,8



### Ergebnis Ihrer Berechnung

Anzahl der Leuchten	Beleuchtungsstärke
12 11,75 exakter Wert	510lx

Spezifischer Anschlusswert	
5,2 W/m <sup>2</sup>	1,0 W/m <sup>2</sup> /100lx

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Zone	Preis [€/m <sup>2</sup> ]	Fläche	Summe [€]
Verkehrsfläche	45,00	2.717	122.265 €
Sanitärräume	90,00	295	26.550 €
Klassenzimmer	80,00	6.840	547.200 €
Lager	45,00	871	39.195 €
Cafeteria B	80,00	111	8.880 €
<b>Gesamtausgaben</b>			<b>744.090</b>

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

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

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von 111.600 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

#### **Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (2.9)**

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

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 186.000€ (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

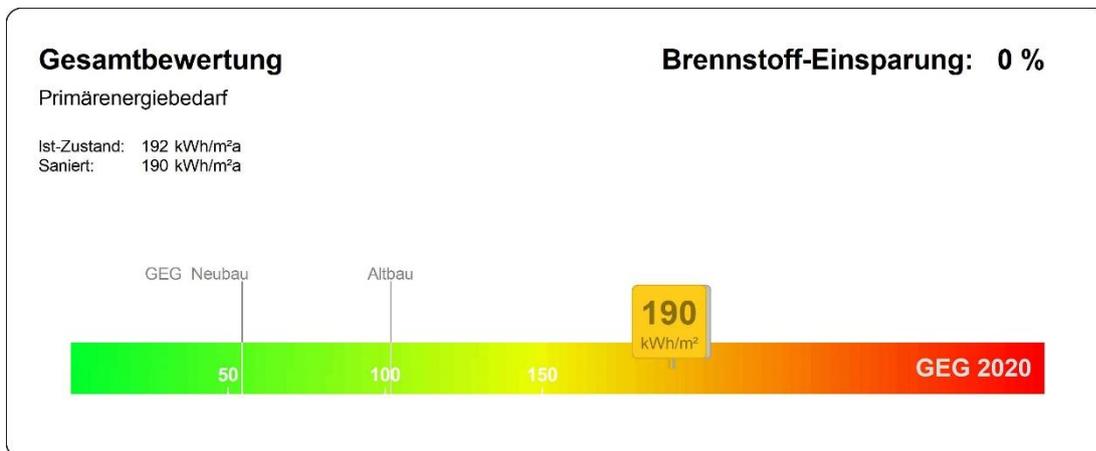
### Energieeinsparung - Variante 4 -

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

Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.792.514 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.788.028 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.486 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5.785 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 190 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.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4*

Gesamtinvestitionen	744.090 EUR
Mögliche Fördermittel	186.000 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 4*

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	50.015	50.015
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	161.510	838.000
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	211.525	888.015
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	166.441	843.559
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>Keine Einsparung</b>	<b>Keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	-	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten 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.

#### 4.6 SV 5: LÜFTUNGSANLAGE MIT WRG

Die alten Lüftungsanlagen werden ohne Wärmerückgewinnung betrieben und entsprechen somit nicht dem Stand der Technik. Der Austausch der Lüftungsanlagen erfolgt nach den Anforderungen des GEG 2020. Hier müssen raumlufttechnische Anlagen mit einem Volumenstrom in der Zuluft  $\geq 4.000 \text{ m}^3/\text{h}$  besondere Kennwerte u. a. hinsichtlich der elektrischen Leistung sowie der Wärmerückgewinnung erfüllen. Die Wärme aus der Abluft wird dann durch die Wärmerückgewinnung genutzt. Hierdurch erhöht sich die Luftqualität, da es keinen direkten Umluftbetrieb mehr gibt. Bei dieser Sanierungsvariante wurde ein Rotationswärmetauscher mit einer Rückwärmezahl von 80 % angesetzt. Nachfolgend sind die angesetzten Kosten der einzelnen Lüftungsanlagen abgebildet.

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

<b>Info</b>	Gefördert wird der Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes, wie beispielsweise einer energieeffizienten raumlufttechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
<b>Förderanteil</b>	15 %
<b>Antragsberechtigigt</b>	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto) Max. 1.000€ pro $\text{m}^2$ NGF (max. 15 Mio.€)
<b>Fristen</b>	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro $\text{m}^2$ NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 113.000 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

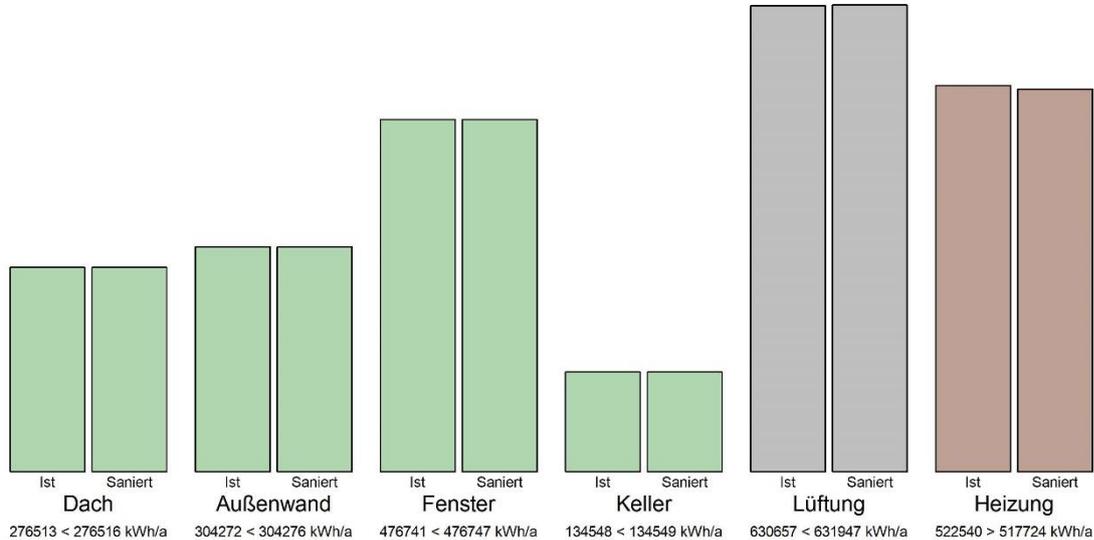
##### **Kommunalrichtlinie - Raumlufttechnische Anlagen (2.10)**

<b>Info</b>	Gefördert werden innerhalb der Kommunalrichtlinie im investiven Förderschwerpunkt 2.10 „Raumlufttechnische Anlagen“ die Sanierung von raumlufttechnischen Anlagen und deren Komponenten in Nichtwohngebäuden sowie die Nachrüstung von raumlufttechnischen Anlagen in Schulen und Kindertagesstätten im Rahmen einer <b>Grundsanie rung</b> .
<b>Förderanteil</b>	Zuschuss: 25 %* Mindestzuwendung: 5.000 €
	Finanzschwache Kommunen und Antragstellende aus Braunkohlegebieten (gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020) können 40 % der förderfähigen Gesamtausgaben als Zuschuss erhalten.
<b>Fristen</b>	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2027.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 188.400€ (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden

### Energieeinsparung - Variante 5 -

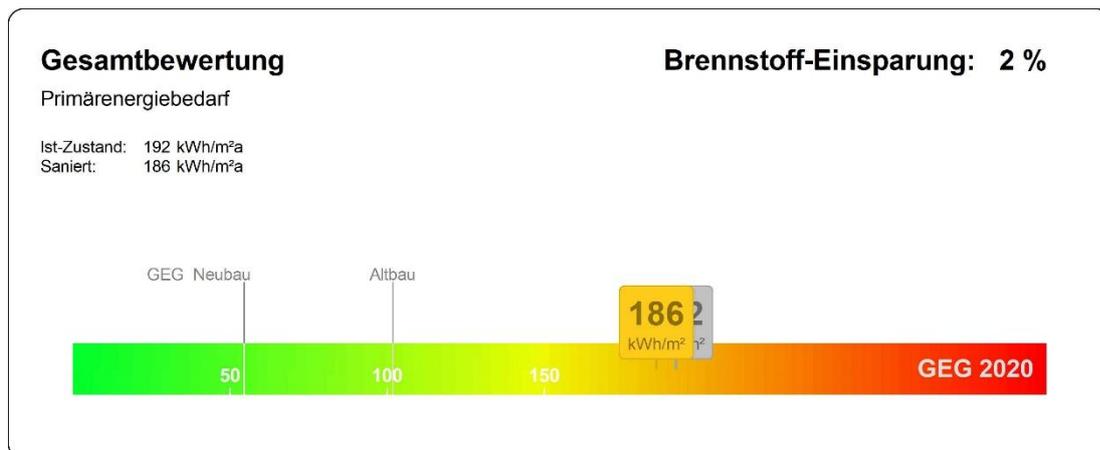
Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **2 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.792.514 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.755.860 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 36.654 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 20.198 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 186 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.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

*Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5*

Gesamtinvestitionen	753.600 EUR
Mögliche Fördermittel	188.400 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*

	<b>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</b>	<b>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	50.654	50.654
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	153.183	818.783
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	203.837	869.437
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	166.441	843.559
<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 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.

#### 4.7 SV 6: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 - Fenster- und Türenaustausch

Var. 2 - Dach dämmen

Var. 3 - Wärmepumpe

Var. 4 - LED-Beleuchtung

Var. 5 - Lüftungsanlagen mit WRG

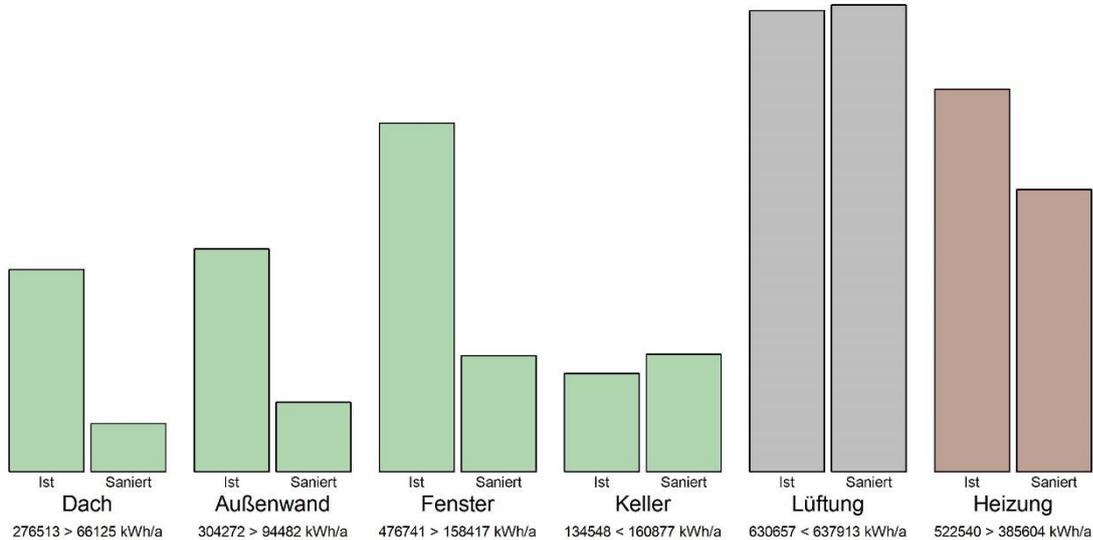
kombiniert.

Für die Betrachtung der Erreichung eines Effizienzgebäude-Standards, müssen die Anpassungen der Nutzung (vgl. Kap. 3.8) rückgängig gemacht werden. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann ein Effizienzgebäude-Standard **nicht** erreicht werden.

Für die beschriebenen Sanierungsvarianten können jeweils als Einzelmaßnahme Fördermittel beantragt werden. Nur über das Förderprogramm der BEG könnten bis zu 868.600 € Fördermittel beantragt werden. Werden die Förderprogramme der BEG und der Kommunalrichtlinie kombiniert könnten bis zu 1.018.400 € Fördermittel beantragt werden.

### Energieeinsparung - Variante 6 -

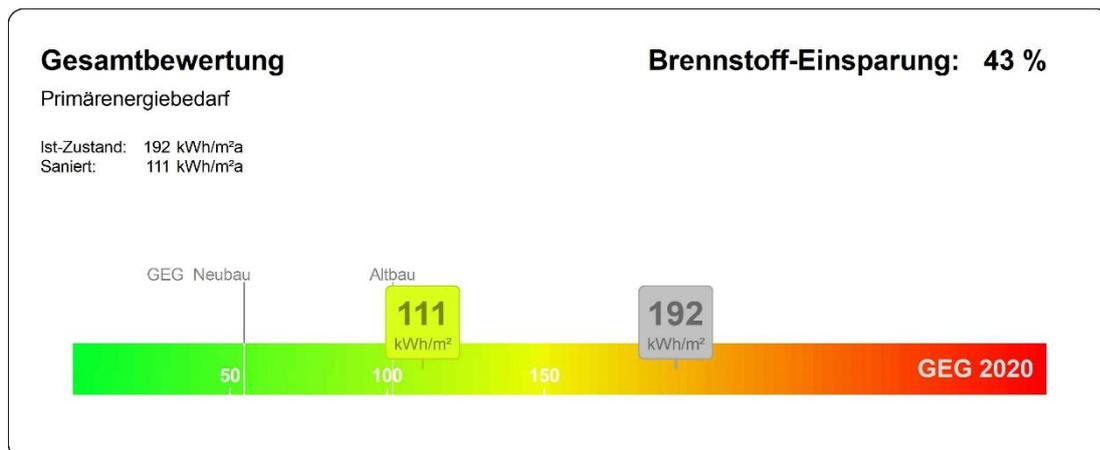
Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **43 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 1.792.514 kWh/Jahr reduziert sich auf 1.019.664 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 772.850 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 207.287 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 **111 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	5.790.426 EUR
Mögliche Fördermittel	868.600 EUR
	<b>ODER</b>
	1.018.400 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 23 Einsparpotenzial, SV 6

	<b>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</b>	<b>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	343.685	343.685
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	125.898	584.081
<b>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</b>	<b>469.583</b>	<b>927.766</b>
<b>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</b>	<b>199.268</b>	<b>82.172</b>
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>		
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>	<b>28 Jahre</b>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 28 Jahren.

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

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremsen 2023

Wie Ende 2022 bekanntgegeben wurde, wird es in Deutschland ab dem Frühjahr 2023 eine Preisbremse für Strom und Gas geben. Dies führt zu neuen Preisen, die die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verändern. Daher wird nachfolgend die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Maßnahmenkombination mit den neuen Preisen dargestellt.

Angenommener durchschnittlicher Gaspreis 2023	15 Cent / kWh
Angenommener durchschnittlicher Strompreis 2023	41 Cent / kWh
Resultierende Energiekosten IST-Zustand	323.470 EUR / Jahr
Resultierende Energiekosten Maßnahmenkombination	193.192 EUR / Jahr
<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung</b>	<b>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</b>
Kapitalkosten	343.685
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	344.669
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	688.353
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	577.095
<b>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</b>	<b>keine Einsparung</b>
<b>Amortisationszeit</b>	<b>-</b>

#### 4.7.1 Effizienzgebäudebetrachtung

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Da die in dieser Berechnung dargestellten Ergebnisse aufgrund der Anpassung an den Endenergieverbrauch von der DIN abweichen, muss für einen Förderantrag im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) zum Nachweis eines Effizienzgebäude-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. Dadurch erhöht sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes deutlich.

Mit der Maßnahmenkombination soll der Effizienzgebäude-Standard 70 EE angestrebt werden. Dieser Standard wird, wie die nachfolgende Abbildung zeigt, bei der Umsetzung aller Maßnahmen jedoch nicht erreicht.

### GEG- und BEG-Anforderungen

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

Berechnungsverfahren und Randbedingungen	GEG 2020 - DIN 18599:2018 - Nichtwohngebäude
Nutzung	Nichtwohngebäude
Beheiztes Gebäudevolumen $V_e$	38211,2 m <sup>3</sup>
Hüllfläche A	14908,0 m <sup>2</sup>
Nettogrundfläche $A_{NGF}$	11041,1 m <sup>2</sup>
Fensterfläche	1754,8 m <sup>2</sup>
Außentürfläche	178,8 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 $Q_{ep}$	kWh/m <sup>2</sup> a	128,3	□ 120,0	85,7	□ 34,3	□ 47,1	□ 60,0	□ 85,7	☑ 137,1
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,25	☑ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	☑ 0,26	☑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,91	☑ 2,66		☑ 1,00	☑ 1,20	☑ 1,40	☑ 1,80	
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

- Anforderung EE-Klasse nicht erfüllt (mindestens 55 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

## 4.8 GESAMTÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Sanierungsmaßnahme	Investitionskosten [EUR]	Amortisationszeit [a]	Energiekosten nach Umsetzung [EUR]	Endenergiebedarf nach Umsetzung [kWh/a]	Primärenergiebedarf nach Umsetzung [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Umsetzung [kg/a]	Energiekostensparnis [EUR]	Endenergieeinsparung [kWh/a]	Primärenergieeinsparung [kWh/a]	CO <sub>2</sub> Vermeidung [kg/a]
<b>IST-ZUSTAND</b>			566.085	1.792.514	2.118.747	505.113				
Dachsanierung	1.180.966	15	492.298	1.545.220	1.846.294	443.849	73.787	247.294	272.453	61.264
Außenwände	805.720	16	512.757	1.613.804	1.921.831	460.830	53.328	178.710	196.916	44.284
Fenster- & Türentausch	2.306.050	27	489.716	1.534.964	1.837.194	442.242	76.370	257.550	281.553	62.872
LED-Beleuchtung	744.090	-	562.355	1.788.028	2.052.162	499.328	3.730	4.486	15.957	5.785
Lüftungsanlage mit WRG	753.600	-	549.459	1.755.860	1.229.975	484.915	16.626	36.654	66.585	20.198
Maßnahmenkombination	5.790.426	-	327.386	1.019.664	1.229.975	297.826	238.699	722.850	888.772	207.287

## 5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung des BBS Technik. 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. 14 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Austausch der Fenster- und Türen. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 12 % gesenkt werden.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 43 % bzw. an CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 41 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen

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

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

## 6 ANHANG

### A.1 GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

#### **Energiebedarf**

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

#### **Jahres-Primärenergiebedarf**

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

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

#### **Endenergiebedarf**

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

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

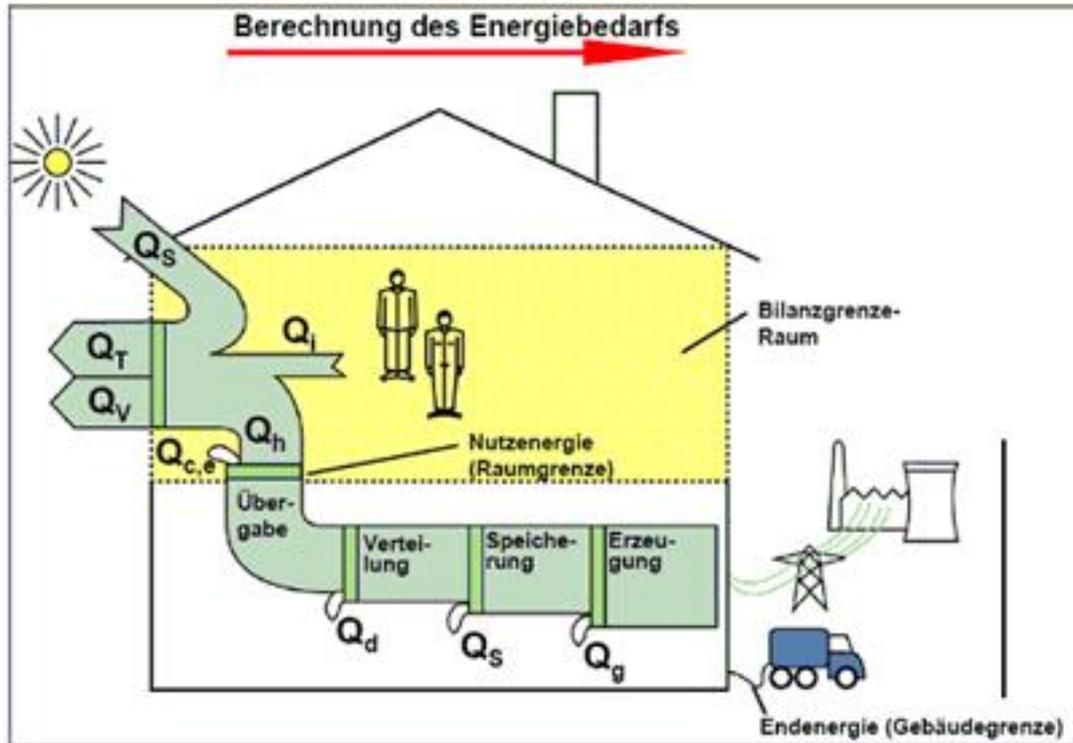


Abbildung 19 Berechnung des Energiebedarfs

### Nutzenergie

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

### Transmissionswärmeverluste $Q_T$

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

### Lüftungswärmeverluste $Q_V$

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

### Trinkwassererwärmung

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

**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  $Q_d$  (Leistungsverlust durch ungedämmt bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe  $Q_c$  (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeübergabe.

**Wärmebrücken**

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

**Gebäudevolumen  $V_e$** 

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

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

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

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

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

### **Gebäudenutzfläche $A_N$**

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