



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

FÜR DIE BERUFSBILDENDEN SCHULEN AM MUSEUMSDORF

Auftraggeber

Landkreis Cloppenburg
Eschstr. 29
49661 Cloppenburg

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Ansprechpartner: Christof Kattenbeck

Greven, den 25.04.2023



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	10
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	12
3 Ausgangssituation.....	13
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	13
3.2 FOTODOKUMENTATION	15
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	16
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	24
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	24
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	25
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	27
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung	27
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	28
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	29
3.7.1 Heizungsanlage.....	29
3.7.2 Beleuchtung	29
3.7.3 Lüftungstechnik.....	29
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	29
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	29
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	30
3.8.3 Energiekosten	34
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	34
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	35
4 Sanierungsvarianten.....	36
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	36
4.2 SV 1: FENSTERTAUSCH 80ER JAHRE.....	37
4.3 SV 2: FENSTERTAUSCH 1995	40
4.4 SV 3: WDVS ALTBESTAND.....	43

4.5	SV 4: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE	47
4.6	SV 5: DÄMMUNG KELLERDECKE TRAKT 5	51
4.7	SV 6: HYDRAULISCHER ABGLEICH	54
4.8	SV 7: LED-BELEUCHTUNG	57
4.9	SV 8: ERNEUERUNG GROÙE HEIZZENTRALE	61
4.10	SV 9: MAÙNAHMENKOMBINATION	65
4.11	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG.....	69
4.12	SV 11: PHOTOVOLTAIKANLAGE MIT SPEICHER	70
4.13	SV 12: PHOTOVOLTAIKANLAGE OHNE SPEICHER	73
5	Fazit	75
6	Anhang	76
A.1	GLOSSAR	76

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 18.01.2023)	13
Abbildung 2 3D-Ansicht Berufsbildende Schulen am Museumsdorf Altbau.....	16
Abbildung 3 Nutzungszonen	18
Abbildung 4 Grundriss KG, zониert.....	19
Abbildung 5 Grundriss EG, zониert.....	20
Abbildung 6 Grundriss OG 1, zониert	21
Abbildung 7 Grundriss OG 2, zониert	22
Abbildung 8 Grundriss DG, zониert	23
Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	25
Abbildung 10 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	26
Abbildung 11 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste.....	31
Abbildung 12 Energiebilanz des Gebäudes	32
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	32
Abbildung 14 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Schule.....	33
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	38
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	41
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	45
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	49
Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	52
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6	55
Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7	59
Abbildung 22 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8	63
Abbildung 23 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 9	66
Abbildung 24 EG-Betrachtung Berufsbildende Schulen am Museumsdorf.....	69
Abbildung 25 Übersichtsbild der geplanten PV-Anlage	70
Abbildung 26 Berechnung des Energiebedarfs	77

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	14
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung.....	16
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	24
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	25
Tabelle 5 Gebäudekennwerte.....	27
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	30
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung.....	30
Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	31
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger.....	34
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger.....	34
Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie.....	34
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1.....	39
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1.....	39
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2.....	42
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2.....	42
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3.....	46
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 3.....	46
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4.....	50
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 4.....	50
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5.....	53
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5.....	53
Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6.....	56
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 6.....	56
Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7.....	60
Tabelle 25 Einsparpotenzial, SV 7.....	60
Tabelle 26 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8.....	64
Tabelle 27 Einsparpotenzial, SV 8.....	64
Tabelle 28 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9.....	67
Tabelle 29 Einsparpotenzial, SV 9.....	67
Tabelle 30 Kostenannahmen Preisbremse.....	68
Tabelle 31 Einsparpotenzial, SV 10 mit Preisbremse.....	68

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die 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 Durchführenden. 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. KG¹ durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

¹ <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 – Fenstertausch 80er Jahre

Var. 2 – Fenstertausch 1995

Var. 3 – WDVS Altbestand

Var. 4 – Dämmen OGD

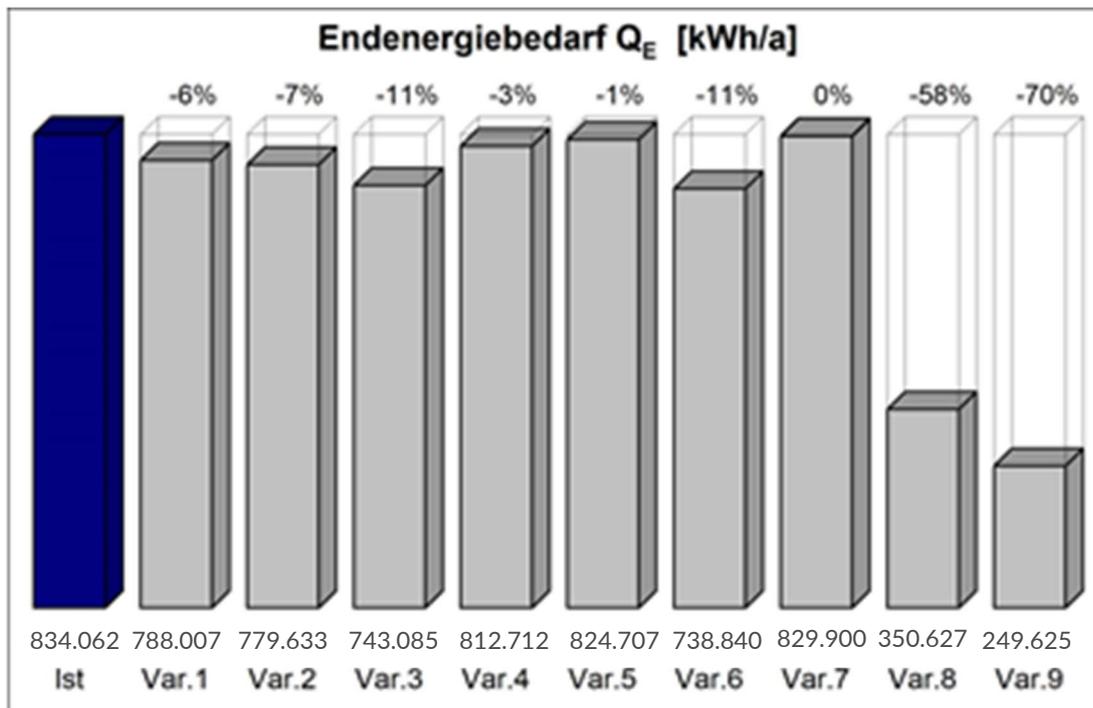
Var. 5 – Kellerdecke dämmen Trakt 5

Var. 6 – Hydraulischer Abgleich

Var. 7 – LED-Beleuchtung

Var. 8 – Erneuerung große Heizzentrale

Var. 9 – 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 – Fenstertausch 80er Jahre

Var. 2 – Fenstertausch 1995

Var. 3 – WDVS Altbestand

Var. 4 – Dämmen OGD

Var. 5 – Kellerdecke dämmen Trakt 5

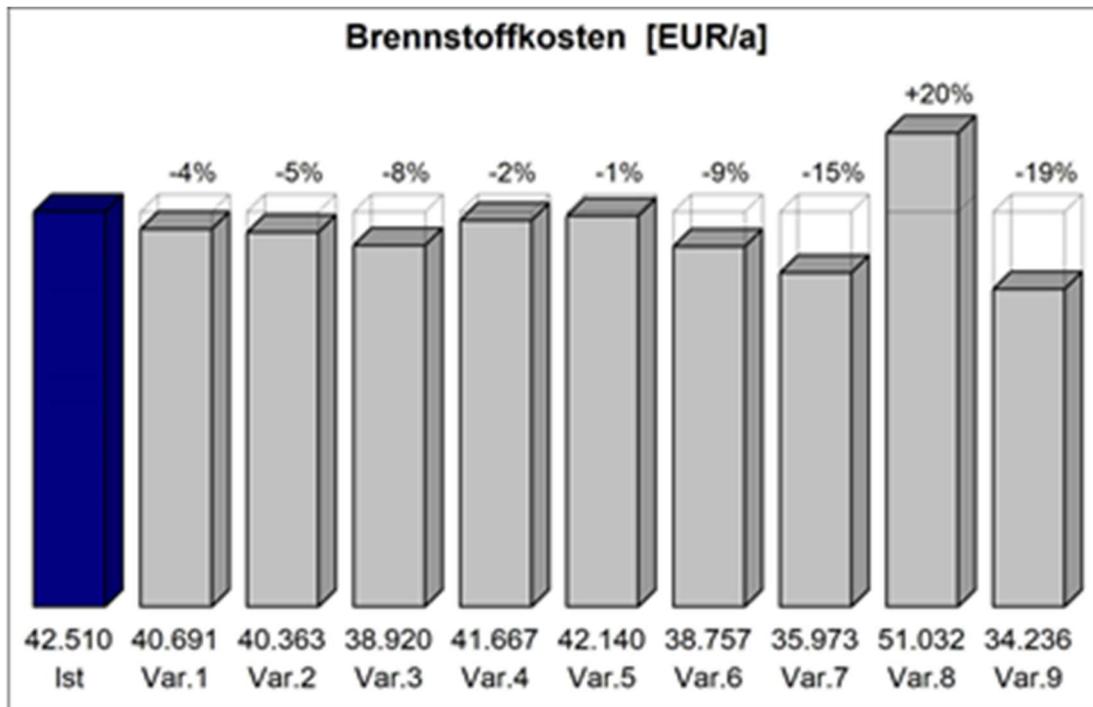
Var. 6 – Hydraulischer Abgleich

Var. 7 – LED-Beleuchtung

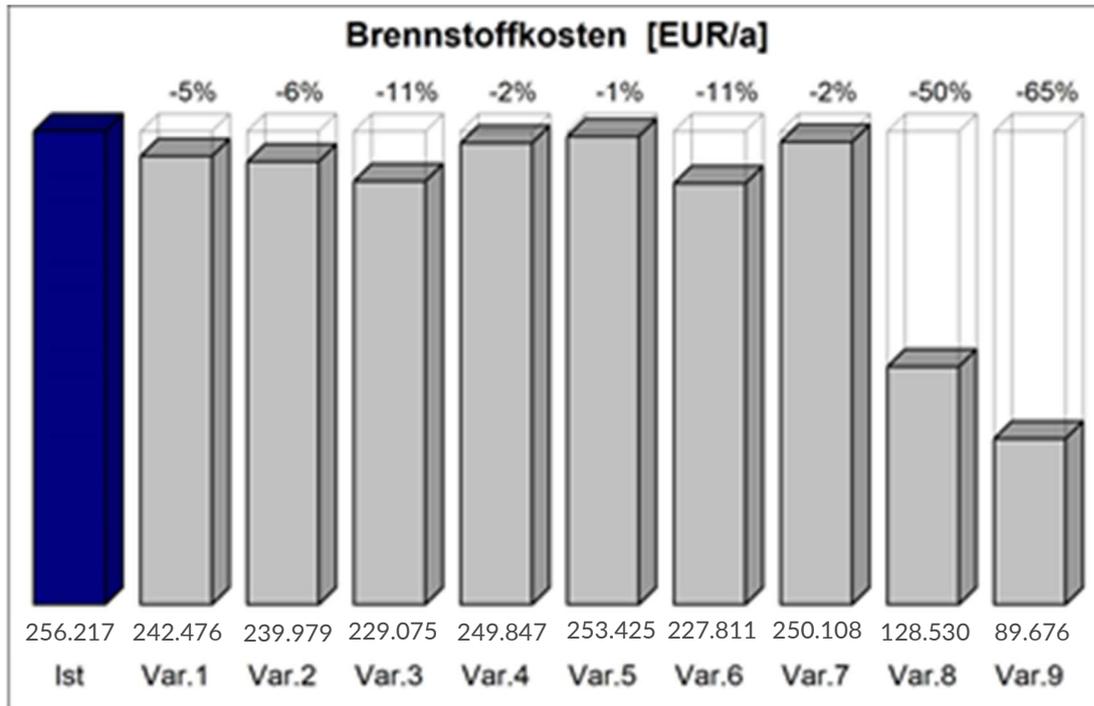
Var. 8 – Erneuerung große Heizzentrale

Var. 9 – 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 CO₂-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 CO₂-Ausstoß. Neben der CO₂-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO_x, SO₂ und Staub belastet. In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO₂-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt:

Ist-Zustand

Var. 1 – Fenstertausch 80er Jahre

Var. 2 – Fenstertausch 1995

Var. 3 – WDVS Altbestand

Var. 4 – Dämmen OGD

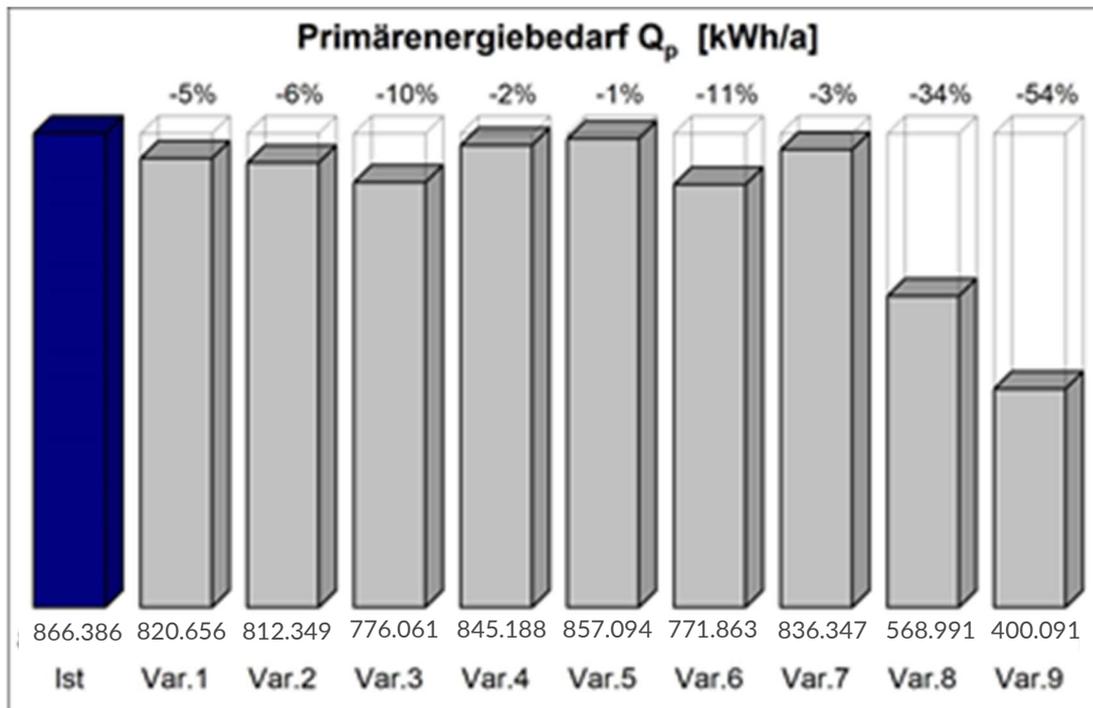
Var. 5 – Kellerdecke dämmen Trakt 5

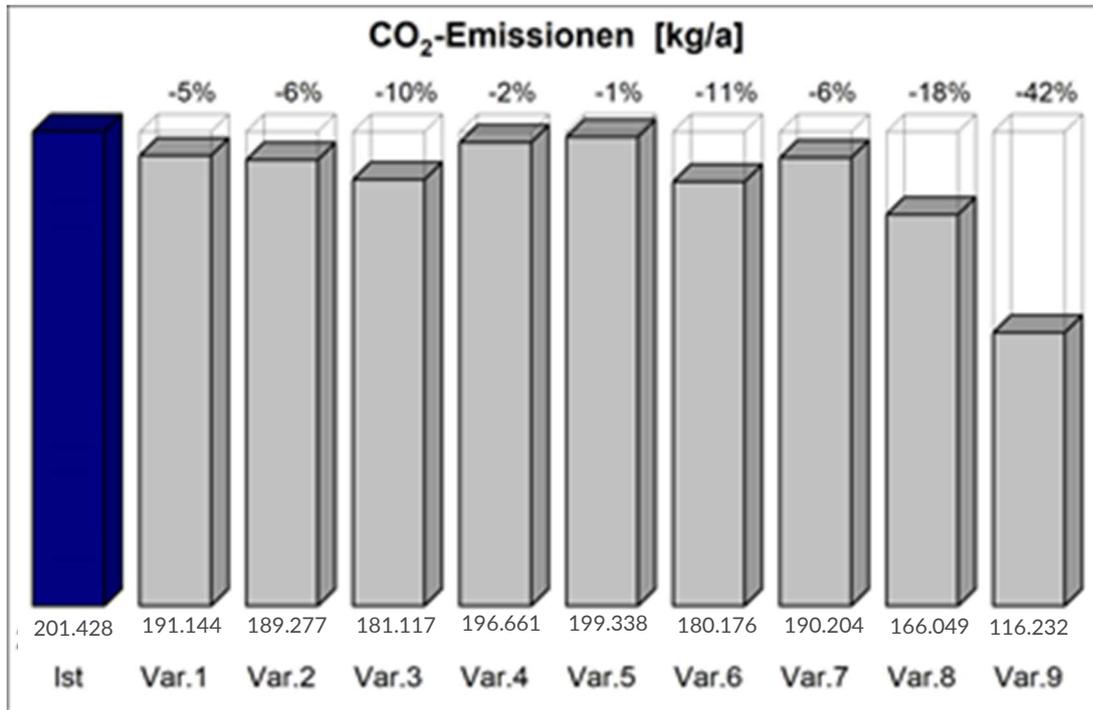
Var. 6 – Hydraulischer Abgleich

Var. 7 – LED-Beleuchtung

Var. 8 – Erneuerung große Heizzentrale

Var. 9 – Maßnahmenkombination

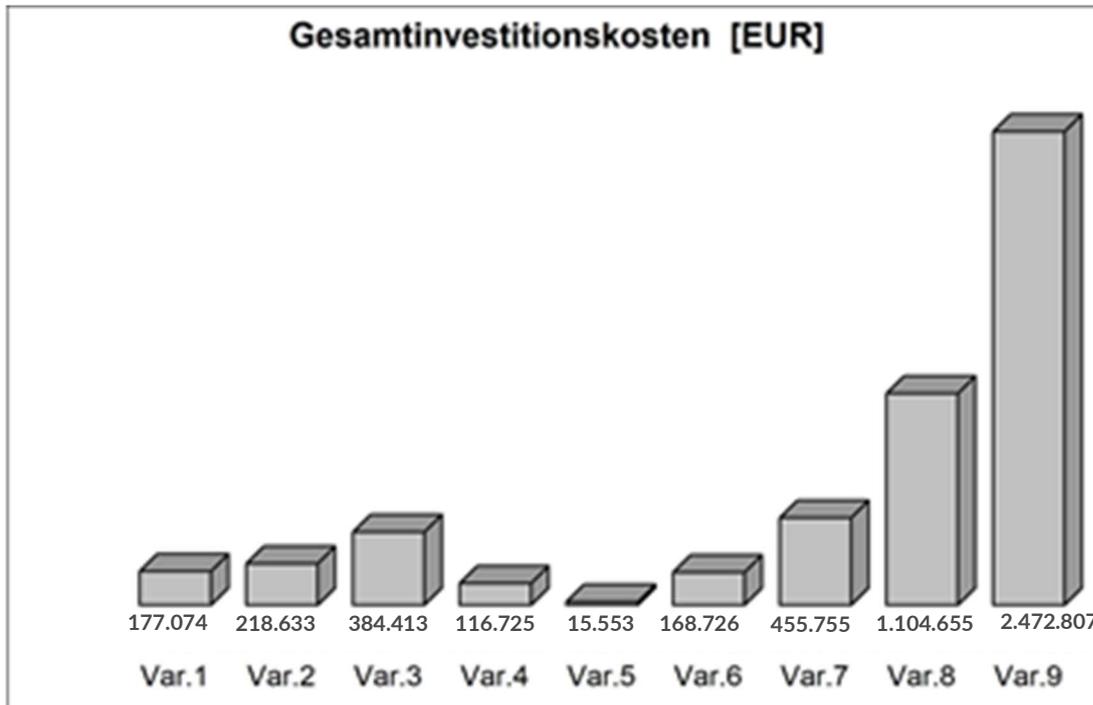




2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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 – Fenstertausch 80er Jahre
- Var. 2 – Fenstertausch 1995
- Var. 3 – WDVS Altbestand
- Var. 4 – Dämmen OGD
- Var. 5 – Kellerdecke dämmen Trakt 5
- Var. 6 – Hydraulischer Abgleich
- Var. 7 – LED-Beleuchtung
- Var. 8 – Erneuerung große Heizzentrale
- Var. 9 – Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf liegen in der Museumsstraße 14-16 in 49661 Cloppenburg und wurden im Jahr 1957 errichtet. Sie bestehen aus dem Altbau (Trakt 1, 2, 4 und 5) und zwei Anbauten (Trakt 3 und 6). An den Gebäuden wurden bereits einige Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. 2009 wurde die Heizungsanlage inklusive Warmwasserbereitung erneuert und die Pausenhalle im Trakt 5 sowie das Flachdach des Traktes 6 saniert. 2011 fand die Sanierung der Pausenhallen im Trakt 2 und 3 und die Fassadensanierung des Traktes 6 statt. 2013, 2014 und 2016 wurde stellenweise die Beleuchtung auf LED-Leuchten umgestellt. Zusätzlich wurde 2016 das Dach vom Trakt 3 saniert.

Die Wärmeversorgung der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besteht aus einer kleinen und großen Heizzentrale. Die kleine Heizzentrale besteht aus dem Gas-Brennwertkessel Vitocrossal 200 von Viessmann mit einer Nennleistung von 285 kW. Die große Heizzentrale besteht aus den beiden Gas-Brennwertkesseln Vitocorssal 300 mit einer Nennleistung von jeweils 460 kW.

In diesem Energieberatungsbericht wird der Altbau (grün markiert, siehe Abbildung 1) betrachtet. Die beiden Anbauten werden in zwei separaten Berichten analysiert.



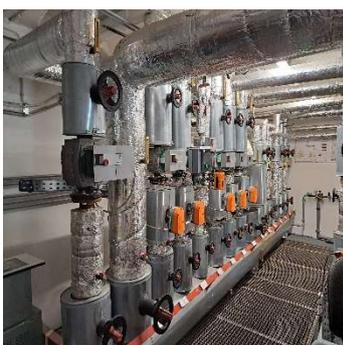
Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)
 NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 18.01.2023)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf Altbau</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Schule</i>
<i>Straße, Hausnr.</i>	<i>Museumsstraße 14-16</i>
<i>PLZ, Ort</i>	<i>49661 Cloppenburg</i>
<i>Baujahr</i>	<i>1957</i>
<i>Beheiztes Gebäudevolumen V</i>	<i>24.855 m³</i>
<i>Nettogrundfläche ANGF</i>	<i>6.678 m²</i>
<i>Thermische Hüllfläche</i>	<i>8.956 m²</i>
<i>Mittlere Geschosshöhe</i>	<i>ca. 2,60 m (OG2 und OG3) und 3,20 m (EG und OG1)</i>

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 Berufsbildende Schulen am Museumsdorf Altbau

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Thermische Konditionierung	Beleuchtung	Größe in m²	Anteilige Größe der Zone in %
Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	290	4,3%
Klassenzimmer	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuchten	2.367	35,4%
Lager	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	204	3,1%
Verkehrsfläche - Trakt 2	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuchten	505	7,6%
Gruppenbüro	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuchten	214	3,2%
Verkehrsfläche	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuchten	1.689	25,3%

Küche in NWG	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	199	3,0%
Klassenzimmer - Trakt 2	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuchten	180	2,7%
Küche in NWG - Trakt 2	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	128	1,9%
WC und Sanitärräume in NWG	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	181	2,7%
WC und Sanitärräume in NWG - Trakt 2	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	102	1,5%
Gruppenbüro - Trakt 2	beheizt	Leuchtstofflampen KVG, LED- Leuchten	491	7,4%
Lager - Trakt 2	beheizt	Leuchtstofflampen KVG	128	1,9%
Lager unbeheizt	unbeheizt	Leuchtstofflampen KVG	2.073	-
Summe nur beheizt			6.678	100%
Summe gesamt			8.751	

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

■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden - Trakt2
■	Verkehrsfläche
■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
■	Gruppenbüro
■	Lager - Trakt2
■	Verkehrsfläche - Trakt2
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Küche in Nichtwohngebäuden
■	Gruppenbüro - Trakt2
■	Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar - Trakt2
■	Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar
■	Küche in Nichtwohngebäuden - Trakt 2
■	Lager
■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten) - Trakt2
■	Lager unbeheizt

Abbildung 3 Nutzungszonen

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

Berufsbildende Schulen am Museumsdorf
in 49661 Cloppenburg
Trakt 2 – Trakt 6
Kellergeschoss
Maßstab 1:100

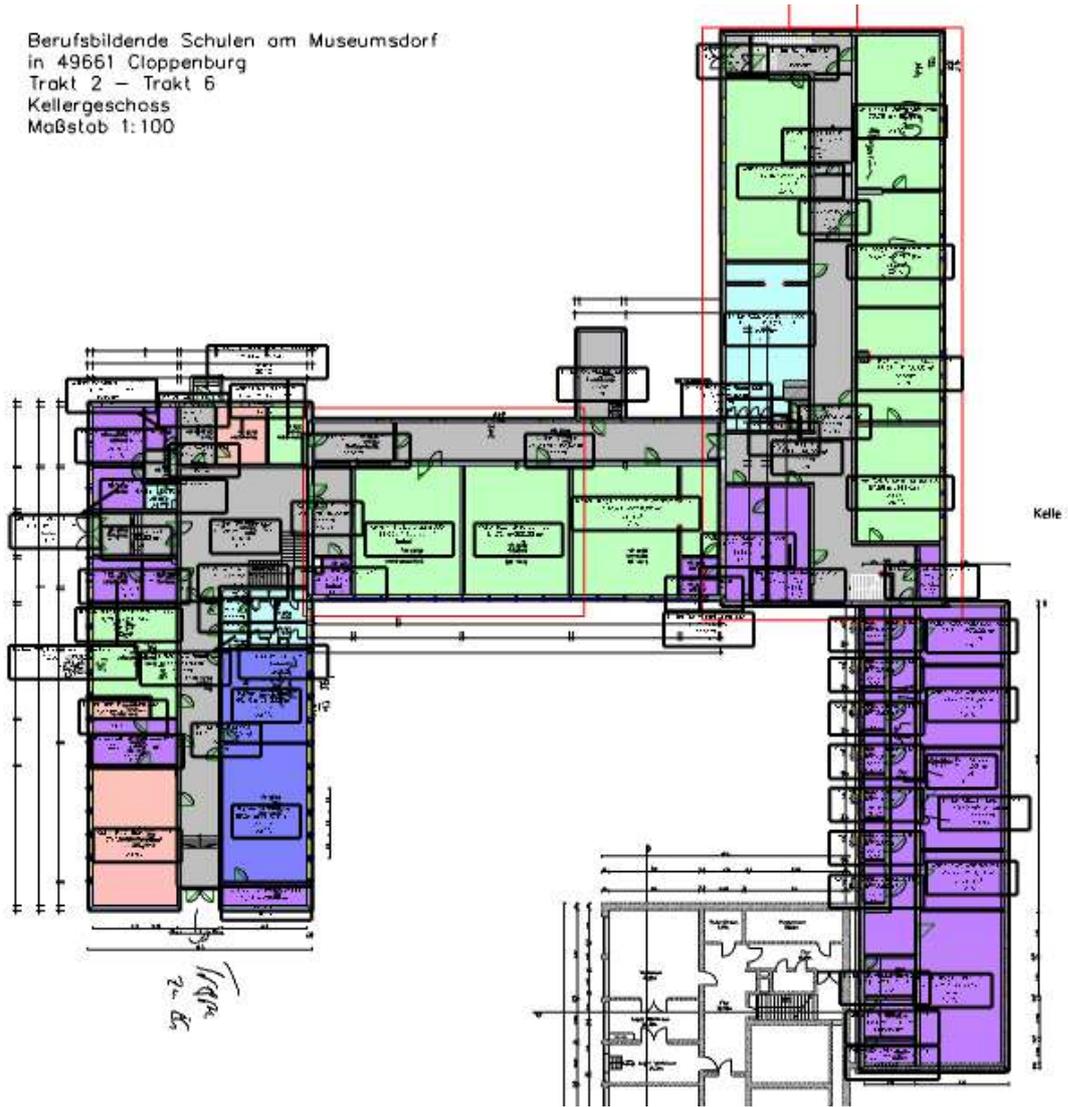


Abbildung 4 Grundriss KG, zoniert

Berufsbildende Schulen am Museumsdorf
in 49661 Cloppenburg
Trakt 2 – Trakt 6
Erdgeschoss
Maßstab 1:100

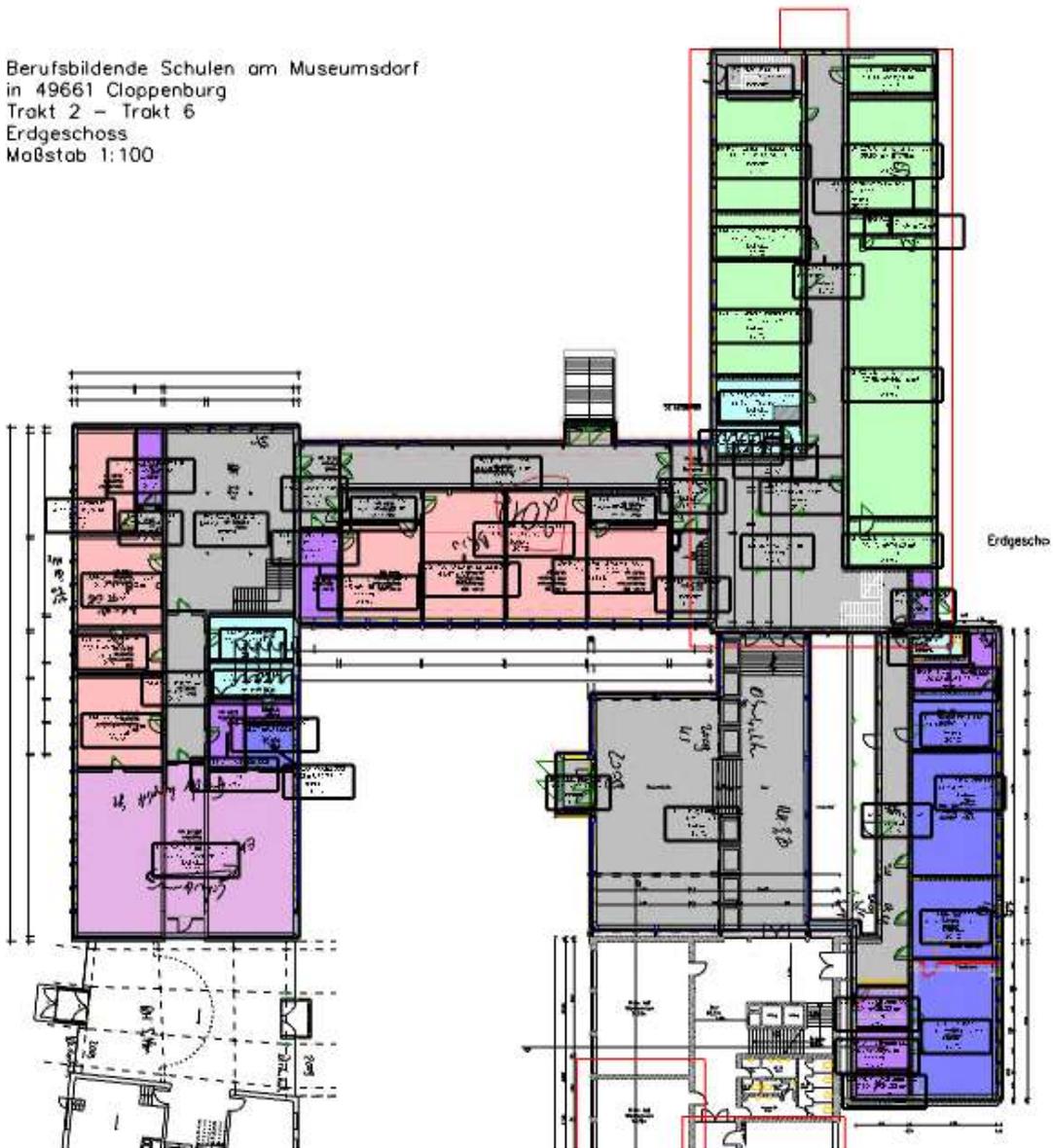


Abbildung 5 Grundriss EG, zониert

Berufsbildende Schulen am Museumsdorf
in 49661 Cloppenburg
Trakt 2 – Trakt 6
1. Obergeschoss
Maßstab 1:100

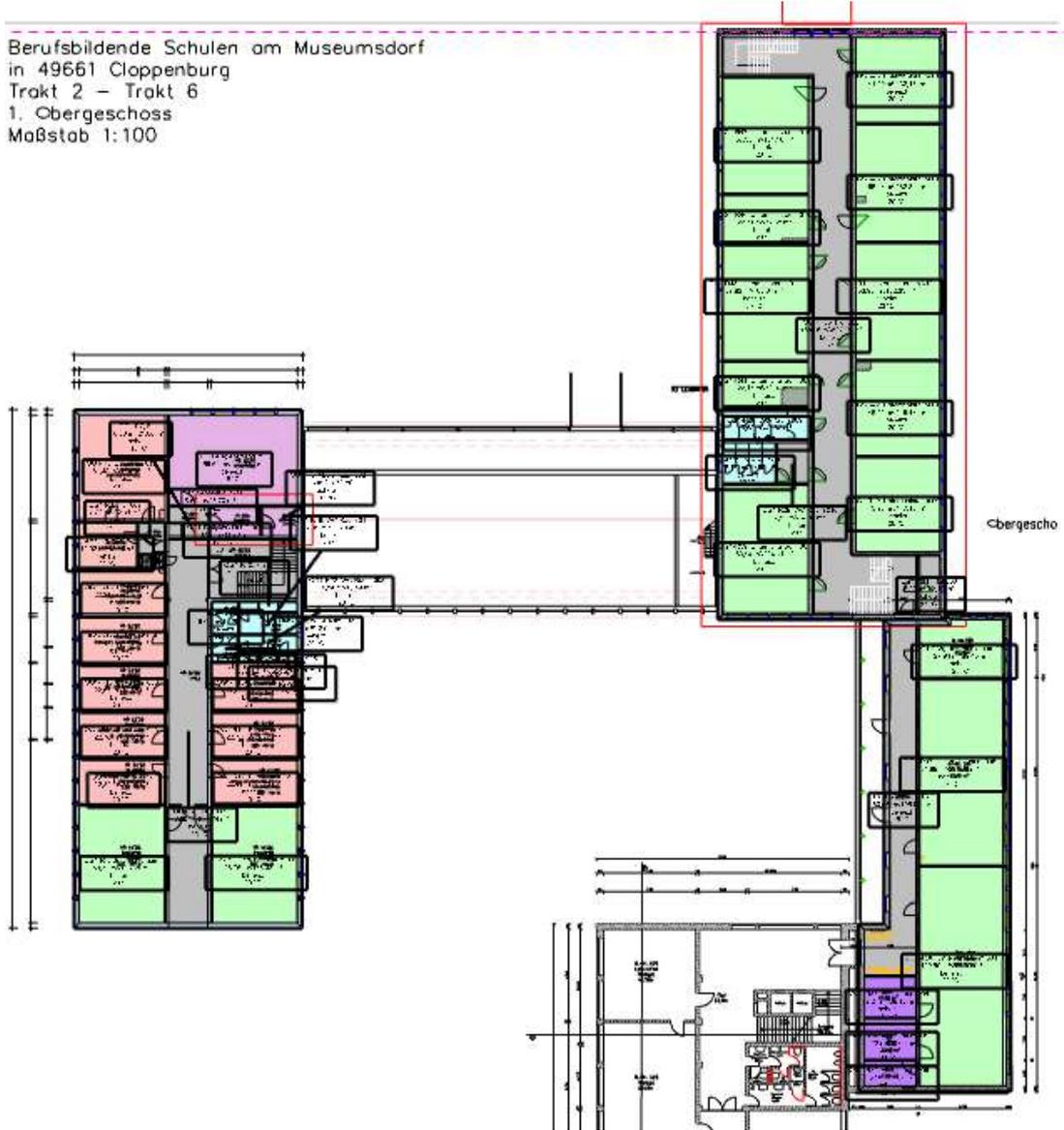


Abbildung 6 Grundriss OG 1, zoniert

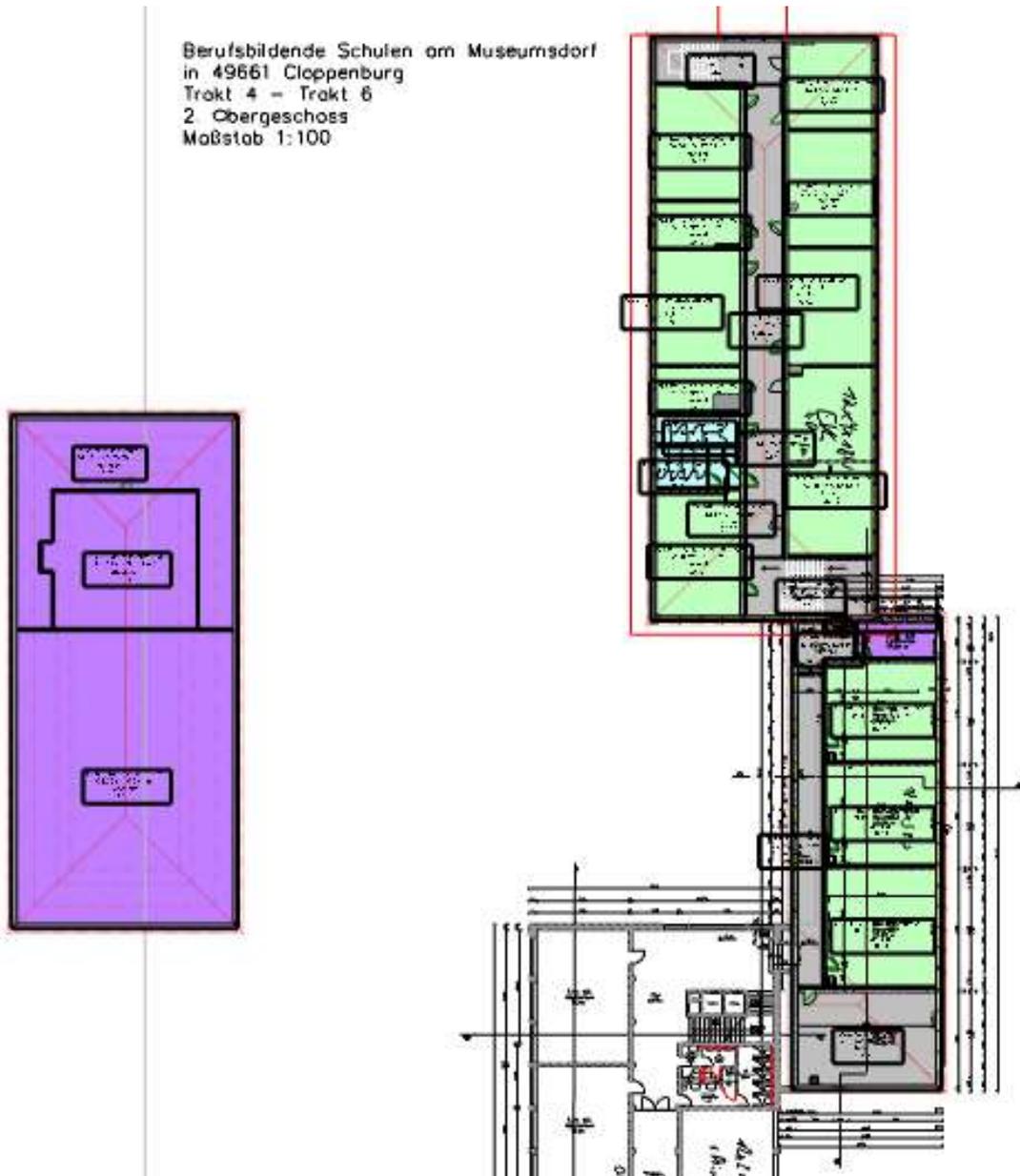


Abbildung 7 Grundriss OG 2, zoniert

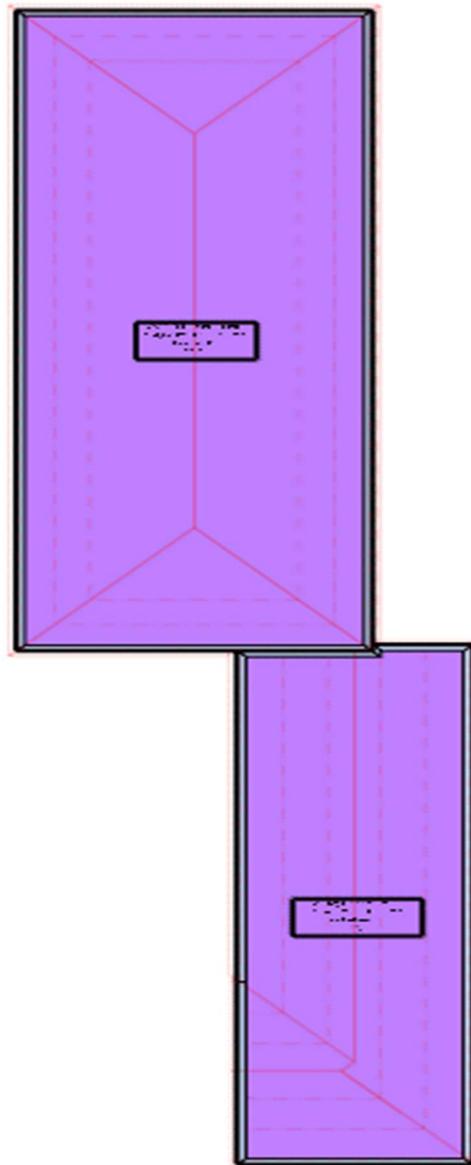


Abbildung 8 Grundriss DG, zonierte

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 alle Gebäude der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf (Altbau und Anbauten) dargestellt. Informationen zu den Verbräuchen für die Jahre 2019 bis 2022 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht vor.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	788.137	804.151	806.708	799.665
Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	1,07	1,10	1,14	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	841.147	885.812	917.965	881.641
Strom [kWh/a]	203.956	283.740	266.228	251.308
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	1.045.103	1.169.552	1.184.193	1.132.949
Wasser [m ³ /a]	2.195	2.423	1.499	2.039

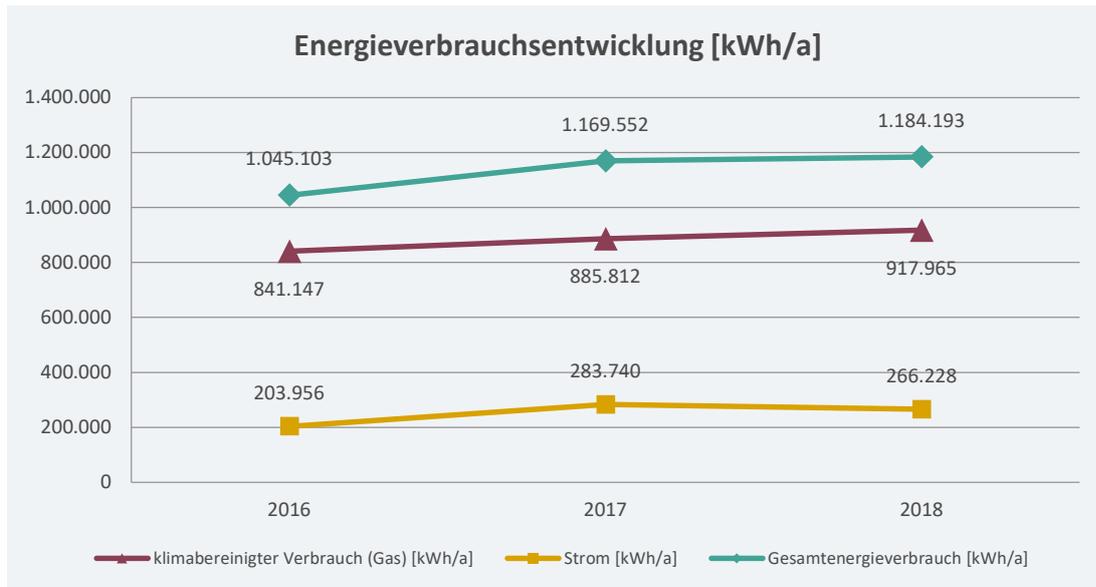


Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

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 aller Gebäude der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf mit insgesamt 15.386 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Schulen ohne Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom		5	16
Wärme		56	97
Wasser		64	133

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

² 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.

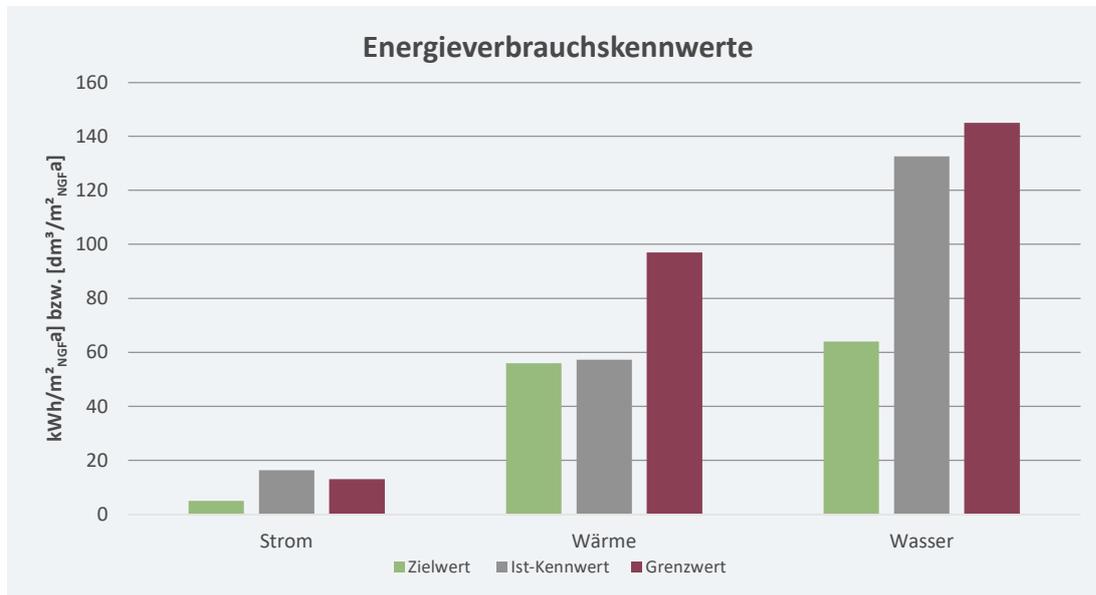


Abbildung 10 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

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 einzelnen Gebäudeabschnitten 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.

Dennoch ist der Energieverbrauch stark nutzerabhängig. In Tabelle 3 und in Abbildung 9 ist zu erkennen, dass trotz durchgeführter Sanierungsmaßnahmen, die Verbräuche im Jahr 2017 teils stark gestiegen sind. Im Jahr 2018 sind wiederum Strom- und Wasserverbrauch gesunken.

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 Literaturangabe³ 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 angegeben⁴. 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 ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	BEG-Förderung ⁶
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
Bodenplatte	0,80	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Keller</i>			
Kellerdecke	0,80	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand unsaniert	0,80	0,24	0,20
Außenwand saniert (WDVS)	0,20	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Obere Geschossdecken	0,302	0,20	0,14

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

⁴ 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)

⁵ 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.

⁶ 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.

Flachdach	0,30	0,20	0,14
Satteldach Trakt 2	0,20	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Fenster Schülerumkleiden	1,90	1,30	0,95
Fenster Lehrerumkleiden	2,70	1,30	0,95
Lichtkuppeln	3,00	2,70	1,50
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	1,30 2,00 2,70	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

Die Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf enthalten zwei Heizzentralen (eine große und eine kleine Heizzentrale). Der Altbau der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf wird über die große Heizzentrale versorgt, an die ebenfalls der Anbau 2 angeschlossen ist (siehe Energieberatungsbericht BBS Museumsdorf Anbau 2).

Große Heizzentrale 2x Viessmann Vitocrossal 300

Energieträger Erdgas

Baujahr 2009

Je 460 kW Nennleistung

3.7.2 Beleuchtung

Die Beleuchtung im Altbau wurde teilweise erneuert. Die Umstellung auf LED-Beleuchtung erfolgte im Kellergeschoss des ersten Traktes und im Erdgeschoss des vierten Traktes. Größtenteils sind jedoch Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten im Einsatz.

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

3.7.3 Lüftungstechnik

Eine Lüftung im Gebäude findet 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. Eine Lüftungsanlage zur kontrollierten Lüftung ist in diesem Gebäude nicht vorhanden.

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO₂ 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 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599

Energiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	182,75
Beleuchtungsstrom	10,44

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 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

Energiebedarfskennwerte des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	117,475
Beleuchtungsstrom	7,14

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.

⁷ siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	56.158	11,8
Außenwand	135.788	28,5
Fenster	187.305	39,4
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	96.654	20,3
Gesamt	475.904	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	433.987	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt (Heizung + Warmwasser)	241.387	100,0



Abbildung 11 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.

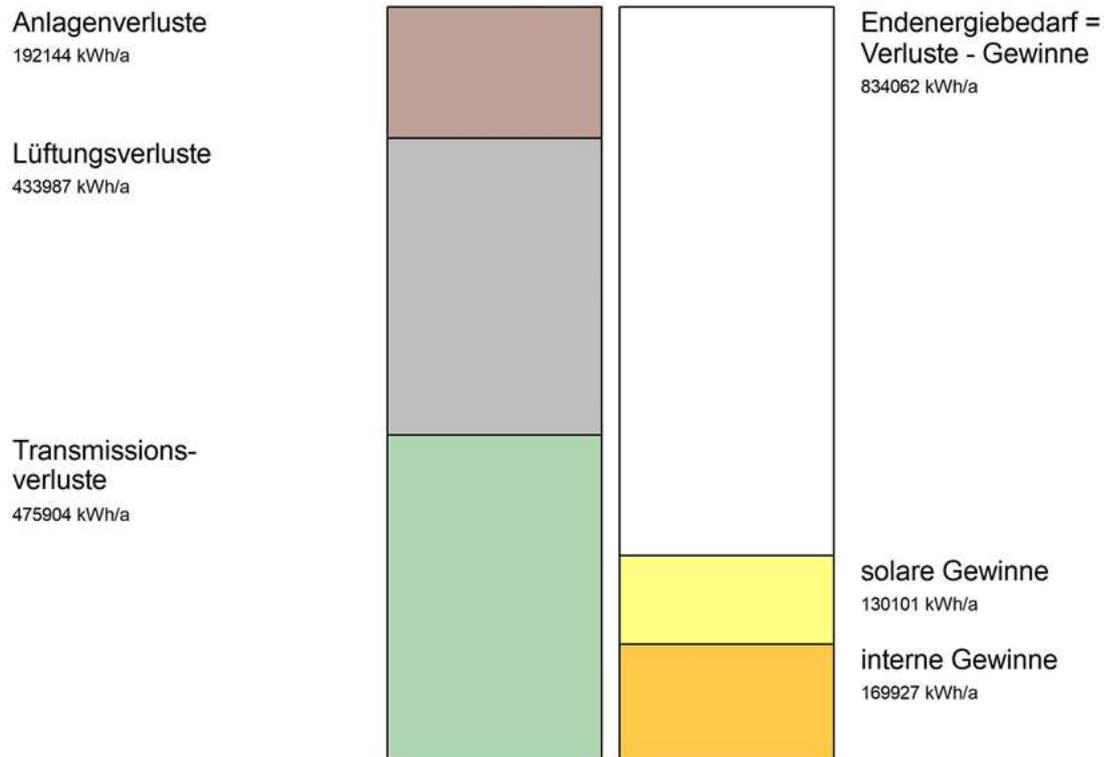


Abbildung 12 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m^2 Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser $130 \text{ kWh}/m^2a$.

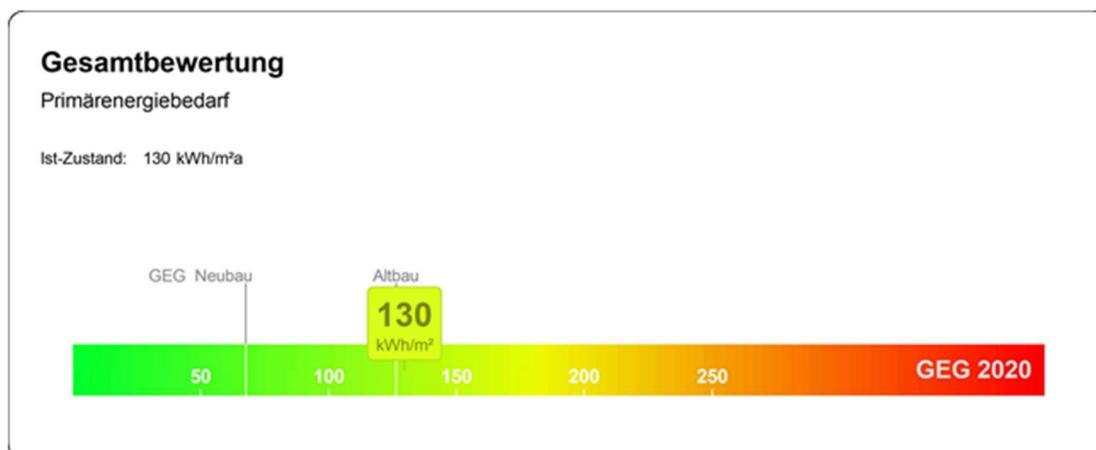


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand der Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf ist durch die vorangegangenen Sanierungen entsprechend gut, jedoch nicht auf dem Stand eines Effizienzgebäudestandards. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf Q_p (kWh/m^2a), den mittleren U-Wert opaker Bauteile (W/m^2K) und den mittleren U-

Wert transparenter Bauteile (W/m^2K). 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^2a	200,2	☑ 207,5	148,2	☐ 59,3	☐ 81,5	☐ 103,8	☐ 148,2	☑ 237,2
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m^2K	0,43	☑ 0,56		☐ 0,18	☐ 0,22	☐ 0,26	☐ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m^2K	2,3	☑ 2,7		☐ 1,0	☐ 1,2	☐ 1,4	☐ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m^2K	1,8	☑ 4,3		☐ 1,6	☑ 2,0	☑ 2,4	☑ 3,0	

Abbildung 14 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Schule

Aus Abbildung 14 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]	CO₂ [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]	CO₂ [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 CO₂-Steuer

Die CO₂-Steuer soll den Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen hin zu erneuerbaren Technologien fördern. Die sogenannte CO₂-Steuer verteuert Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas dabei so, dass sich die Kosten in Zukunft stärker am tatsächlichen CO₂-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 CO₂ 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 CO₂-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 – Fenstertausch 80er Jahre

Var. 2 – Fenstertausch 1995

Var. 3 – WDVS Altbestand

Var. 4 – Dämmen OGD

Var. 5 – Kellerdecke dämmen Trakt 5

Var. 6 – Hydraulischer Abgleich

Var. 7 – LED-Beleuchtung

Var. 8 – Erneuerung große Heizzentrale

Var. 9 – Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 9) kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden. Für Details siehe Kapitel 4.11.

4.2 SV 1: FENSTERTAUSCH 80ER JAHRE

Die Berufsbildenden Schulen am Museumsdorf besitzen in den Trakten 2 (EG und 1.OG in West, Nord- und Ost-Richtung) und 5 (EG, 1.OG, 2.OG in Nord- und Ost-Richtung) Fenster aus den 1980er Jahren. Diese werden in dieser Sanierungsvariante ausgetauscht. 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 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 ²]	Fläche	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Holzfenster inkl. Einbau	551,51		
Einzelfenster gesamt	600	223,13	133.880
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
Außentüren	2.150	20,09	43.194
Gesamtausgaben			177.074

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

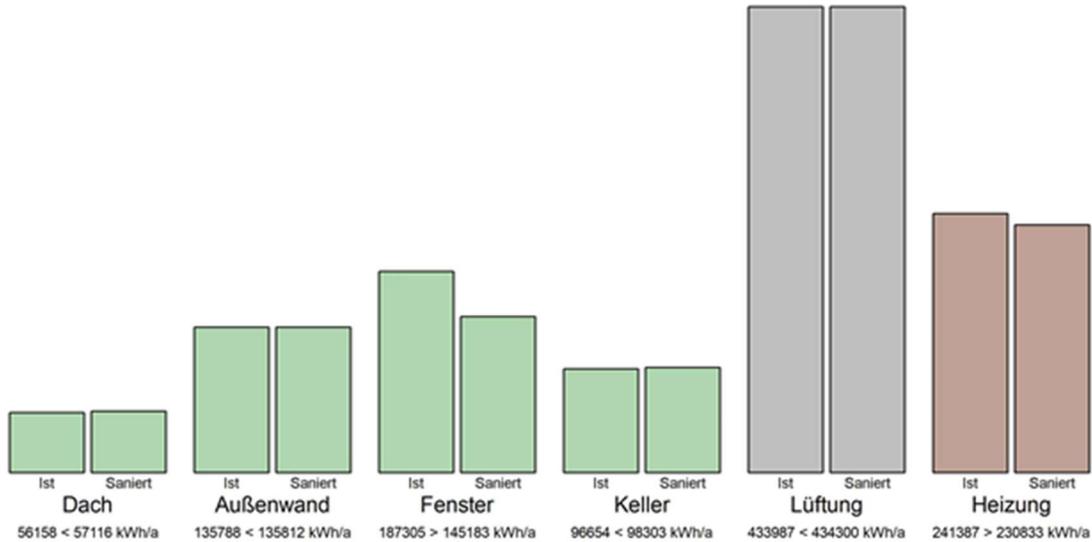
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 26.561 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **6 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 788.007 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 46.055 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 10.284 kg CO₂/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 **123 kWh/m²** pro Jahr.

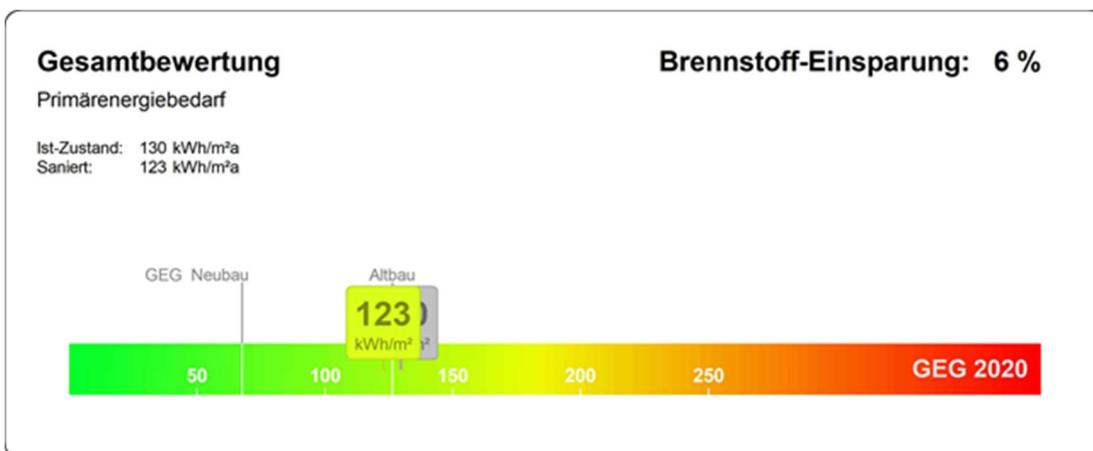


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	177.074 EUR
Mögliche Fördermittel	26.561 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>
<i>Kapitalkosten</i>	9.034	9.034
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	72.597	432.595
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	81.631	441.629
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	75.840	457.110
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	15.481
<i>Amortisationszeit</i>	-	13 Jahre

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. Dies liegt vor allem an dem großen Preisunterschied, zwischen Strom und Gas. Geht man von aktuell realistischen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 13 Jahren, da die Gaspreise deutlich mehr gestiegen sind als die Strompreise.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.3 SV 2: FENSTERTAUSCH 1995

In dieser Variante sollen die Fenster aus 1995, welche im Trakt 4 und im Kellergeschoss des zweiten Traktes verbaut sind, 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.

	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
<i>Einzelfenster Rückbau</i>	27,67		
<i>Holzfenster inkl. Einbau</i>	551,51		
<i>Einzelfenster gesamt</i>	600	364,39	218.633
<i>Gesamtausgaben</i>			218.633

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

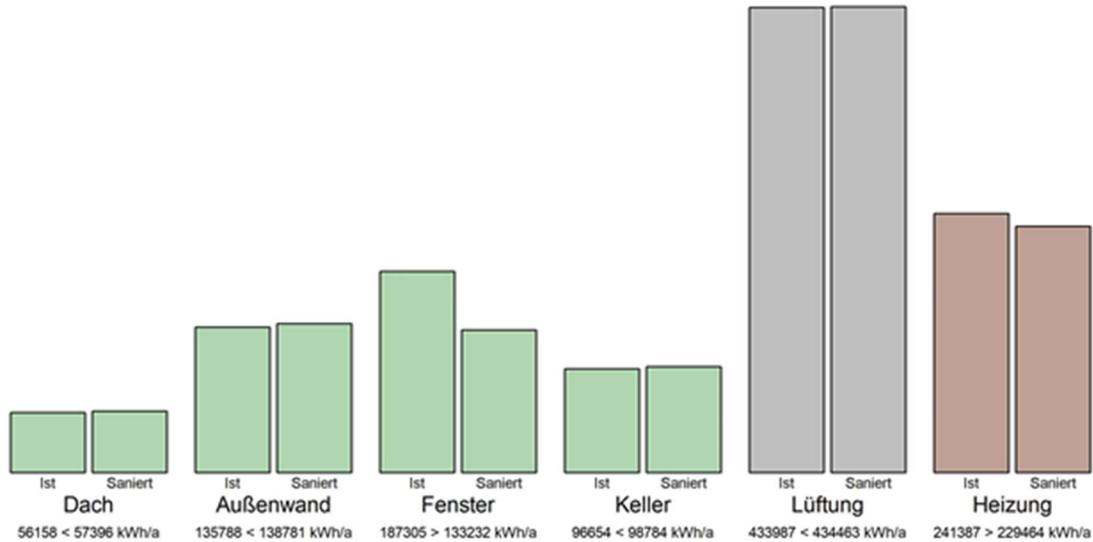
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss über 15% von 32.795 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **7 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 779.633 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 54.429 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 12.151 kg CO₂/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 **122 kWh/m²** pro Jahr.

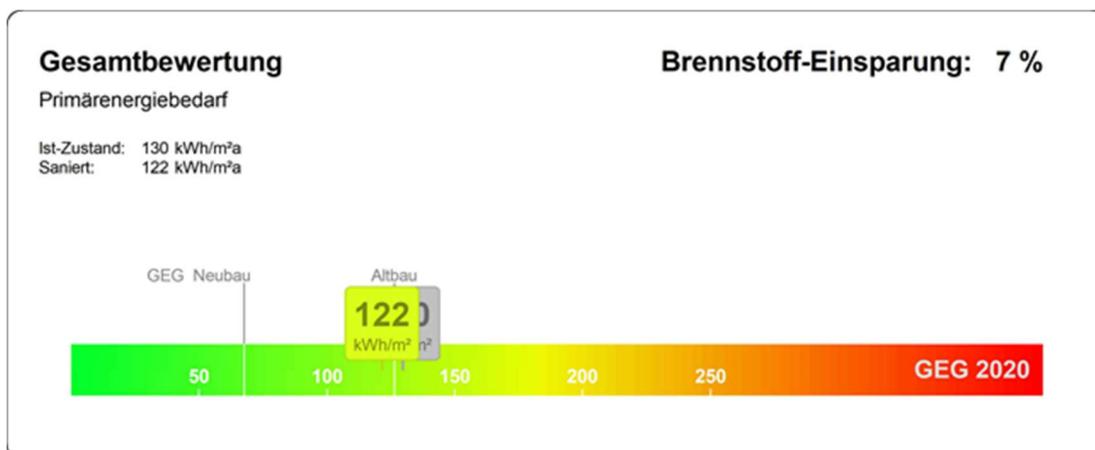


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	218.633 EUR
Mögliche Fördermittel	32.795 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>
Kapitalkosten	11.154	11.154
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	72.010	428.140
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	83.164	439.294
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	75.840	457.110
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	17.816
Amortisationszeit	-	13 Jahre

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. Dies liegt vor allem an dem großen Preisunterschied, zwischen Strom und Gas. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 13 Jahren, da die Gaspreise deutlich mehr gestiegen sind als die Strompreise.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.4 SV 3: WDVS ALTBESTAND

Die Fassade des sechsten Traktes wurde 2011 saniert. In dieser Sanierungsvariante sollen die restlichen Fassaden der Trakte saniert werden. Diese befinden sich im Zustand des Baualter und entsprechen 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.

In der Förderrichtlinie zur BEG EM wird ein U-Wert der nachträglich gedämmten Außenwände von $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wird für die Außenwände daher eine Dämmstärke von 14 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 angenommen. Insgesamt ergibt sich daraus ein U-Wert für die Außenwand von $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

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

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Rückbau Verblendmauerwerk	40,99		
Außenwand nach Energiestandards	139,01		
Außenwände gesamt	180,00	2.135,63	384.413
Gesamtausgaben			384.413

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.

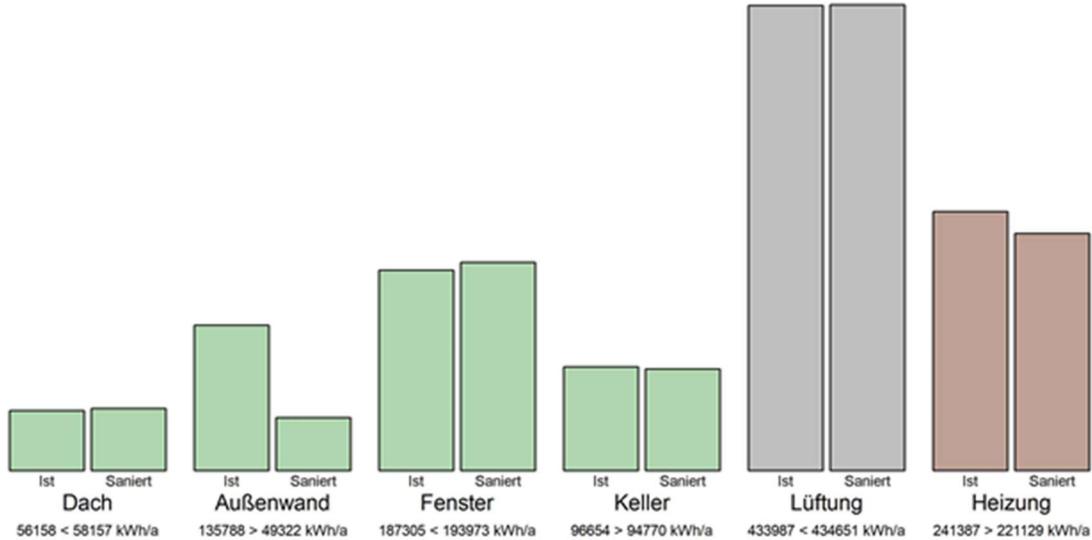
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 57.662 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **11 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 743.085 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 90.977 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 20.311 kg CO₂/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 **116 kWh/m²** pro Jahr.

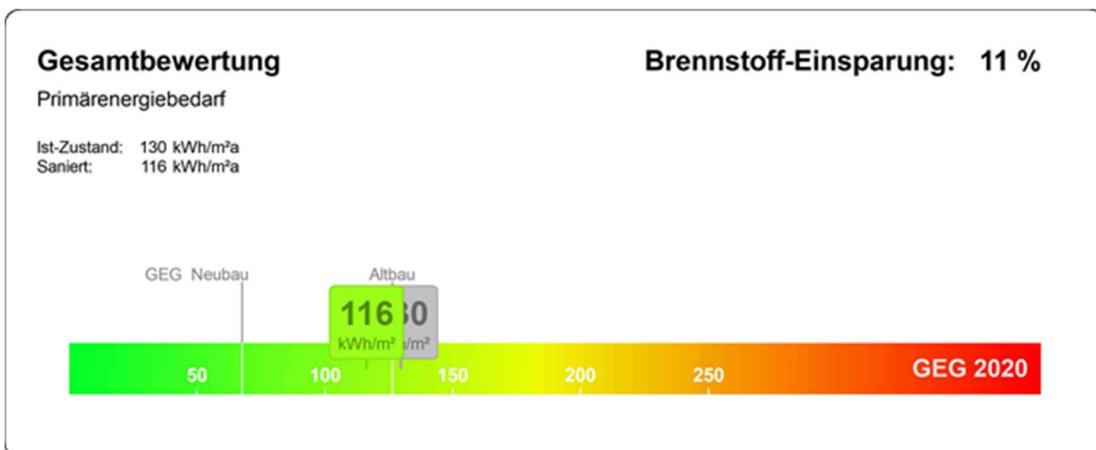


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	384.413 EUR
Mögliche Fördermittel	57.662 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>
Kapitalkosten	19.612	19.612
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	69.437	408.687
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	89.049	428.299
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	75.840	457.110
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	28.811
Amortisationszeit	-	14 Jahre

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. Dies liegt vor allem an dem großen Preisunterschied, zwischen Strom und Gas. Geht man von aktuell realistischen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 14 Jahren, da die Gaspreise deutlich mehr gestiegen sind als die Strompreise.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.5 SV 4: DÄMMUNG OBERSTE GESCHOSSDECKE

Gem. § 47 des GEG (Nachrüstung eines bestehenden Gebäudes) müssen oberste Geschossdecken, die nicht den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 erfüllen, nachträglich so gedämmt werden, dass ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschritten wird. In dieser Sanierungsvariante wird daher eine Dämmung der bereits gedämmten (ca. 16 cm) obersten Geschossdecken der Schule entsprechend den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) empfohlen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist eine zusätzliche Dämmung in einer Stärke von ca. 5 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 erforderlich. Um eine BEG-Förderung gem. der Förderrichtlinie BEG EM zu erhalten, wird ein U-Wert der gedämmten obersten Geschossdecke von $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wird daher eine Dämmstoffstärke von 14 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 angesetzt. Dadurch wird ein U-Wert von $0,134 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht

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

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Dämmung oberste Geschossdecke	63	1.852,78	116.725
Enthaltene Leistungen	<i>Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, notwendige Teilabbrüche im Dachraum inkl. Entsorgung, Vorbereitungen, Verlegung Dämmmaterial, gegebenenfalls von Dampfbremsen, Befestigungen, Anschlüsse, Herstellung Fußboden (einfache Ausführung), Lohnkosten</i>		

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

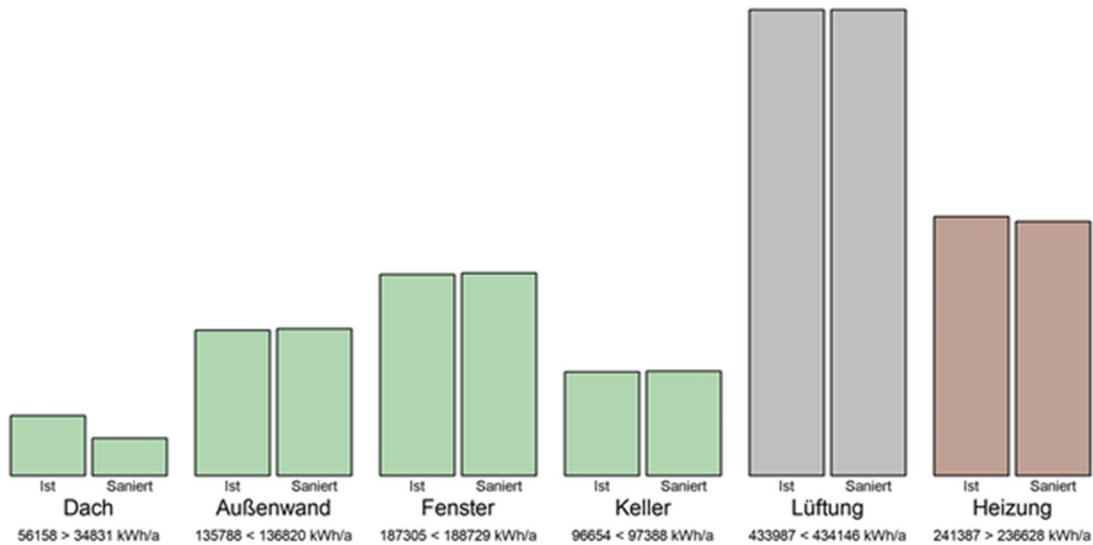
Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für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

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 17.509 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **3 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 812.712 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 21.350 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.766 kg CO₂/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 **127 kWh/m²** pro Jahr.

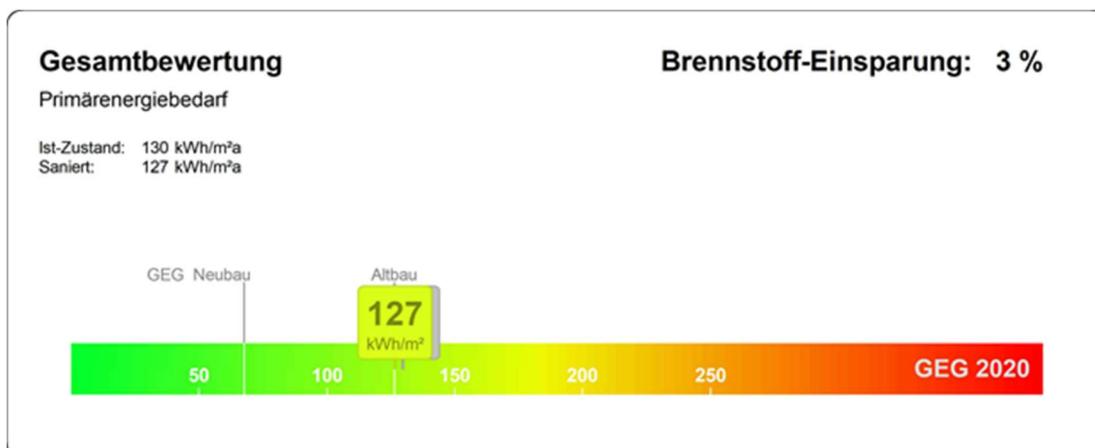


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	116.725 EUR
Mögliche Fördermittel	17.509 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 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>	5.955	5.955
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	74.338	445.746
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	80.293	451.701
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	75.840	457.110
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	5.409
<i>Amortisationszeit</i>	-	17 Jahre

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. Dies liegt vor allem an dem großen Preisunterschied, zwischen Strom und Gas. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 17 Jahren, da die Gaspreise deutlich mehr gestiegen sind als die Strompreise.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.6 SV 5: DÄMMUNG KELLERDECKE TRAKT 5

Das Gebäude ist vollunterkellert. Der erste, zweite und vierte Trakt enthalten im Keller beheizte Räume, unter anderem Unterrichtsräume. Der Keller im fünften Trakt ist unbeheizt. Die Decke im fünften Trakt ist bislang nicht gedämmt. Die Einsparungen durch eine Dämmung der Kellerdecke im fünften Trakt werden in dieser Sanierungsvariante simuliert.

Die Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) liegen bei einem U-Wert $\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um diesen U-Wert zu erreichen wäre die Anbringung eines Wärmedämmstoffs mit einer Stärke von ca. 8 cm mit der Wärmeleitgruppe 035 erforderlich, woraus sich ein U-Wert von $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ ergeben würde. Eine BEG-Förderung setzt einen U-Wert von Böden gegen unbeheizte Räume von $\leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ voraus. In der Simulation werden die Anforderungen der Förderrichtlinie zur BEG EM angenommen. Um diesen U-Wert zu erreichen wäre eine nachträgliche Dämmung der Kellerdecke mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 in einer Stärke von ca. 10 cm erforderlich. Der U-Wert würde $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ betragen

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

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Kellerdeckendämmung	44	353,47	15.553
Enthaltene Leistungen	Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, Vorbereitung des Untergrundes, Anbringung Dämmmaterial, Befestigungen, Anschlüsse, Lohnkosten		

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

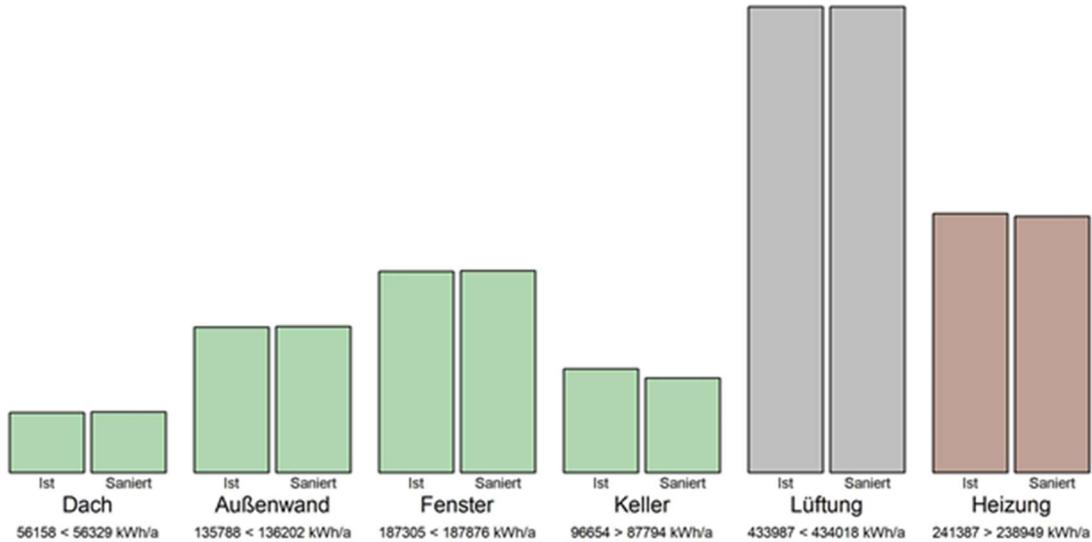
Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für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

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

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 2.333 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 824.707 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 9.355 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.090 kg CO₂/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 **128 kWh/m²** pro Jahr.

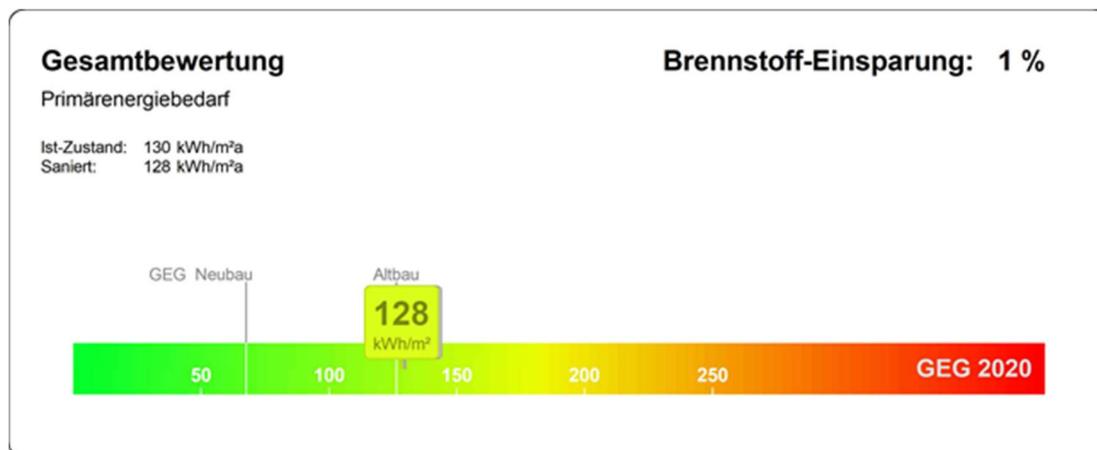


Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	15.553 EUR
Mögliche Fördermittel	2.333 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 21 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	793	793
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	75.181	452.130
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	75.974	452.923
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	75.840	457.110
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	4.187
Amortisationszeit	-	6 Jahre

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 6 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Berechnung entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.7 SV 6: HYDRAULISCHER ABGLEICH

Entsprechend der Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen (Mittelfristenergieversorgungssicherungsmaßnahmenverordnung - EnSimiMaV), welche am 01.10.2022 in Kraft getreten ist, sind Gasheizungssysteme in Nichtwohngebäuden ab 1000 m² beheizter Fläche bis zum 23.09.2023 hydraulisch abzugleichen. In dieser Variante soll somit ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Hierzu wird die Heizlast der Schule entsprechend der Norm DIN EN 12831 ermittelt. Entsprechend der errechneten Werten wird ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Mittels der Heizkörper- und Strangreguliertventile werden die ermittelten Volumenströme einreguliert.

Hierfür ist es evtl. erforderlich alte 2K Heizkörperventile gegen neue 1K-Ventile auszutauschen. Evtl. werden noch zusätzliche Strangreguliertventile eingebaut. Diese Kosten wurden bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mitberücksichtigt. Ebenfalls enthalten, sind die Kosten für smarte Einzelraumregelungen.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Kostenannahmen Heizungsoptimierung			
	Preisermittlung	Fläche [m²]	Summe [€]
Hydraulischer Abgleich	$(1,6 * \text{Fläche} + 515) * 1,25$		14.000
Erneuerung Regelventile	$(3,5 * \text{Fläche} + 230) * 1,25$	6.678,4	29.506
Einbau intelligente Einzelraumregelung	$(15 * \text{Fläche}) * 1,25$		125.220
Summe			168.726

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

Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

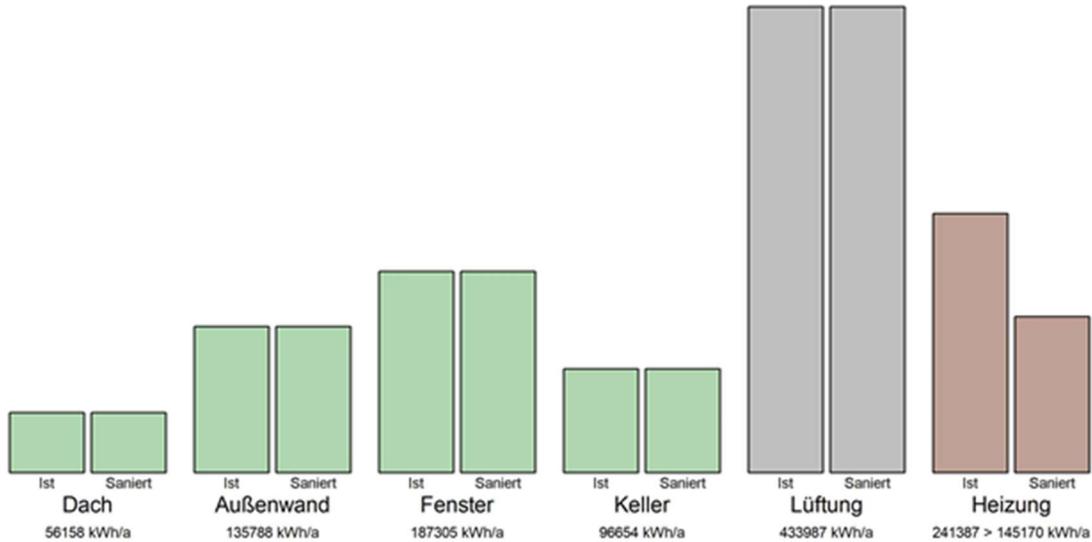
Maßnahme	Enthaltene Leistung
Hydraulischer Abgleich	Aufmaß aller Räume und Heizkörper sowie des Rohrnetzes vor Ort, Pumpenbemessung, Vorlauftemperaturberechnung, Berechnung der Einstellparameter für voreinstellbare Regelventile, Einstellung der Parameter vor Ort.
Erneuerung Regelventile	Neue Regelventile (Voreinstellbare Thermostatventile, Strangreguliertventile), gegebenenfalls notwendige geringe Anpassungen am hydraulischen System, Lohnkosten
Einbau von intelligenten Einzelraumregelungen	Lieferung und Montage der intelligenten (smarten) Einzelraumregelungen, Einbindung in das Heizungsnetz, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung evtl. vorhandener Regelungen.

***Hinweis:** Bei dem hydraulischen Abgleich der Heizungsanlage sind lediglich die erforderlichen Messungen, Berechnungen und Einstellungen enthalten. Sollten neue Pumpen notwendig sein, sind diese separat zu kalkulieren.

Mit der zweiten Änderung der Richtlinie zur Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz vom 15.09.2022 kann für Nichtwohngebäude mit einer beheizten Fläche über 1000 m² keine Förderung mehr für die Heizungsoptimierung beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 11 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 738.840 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 95.222 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 21.252 kg CO₂/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 **116 kWh/m²** pro Jahr.

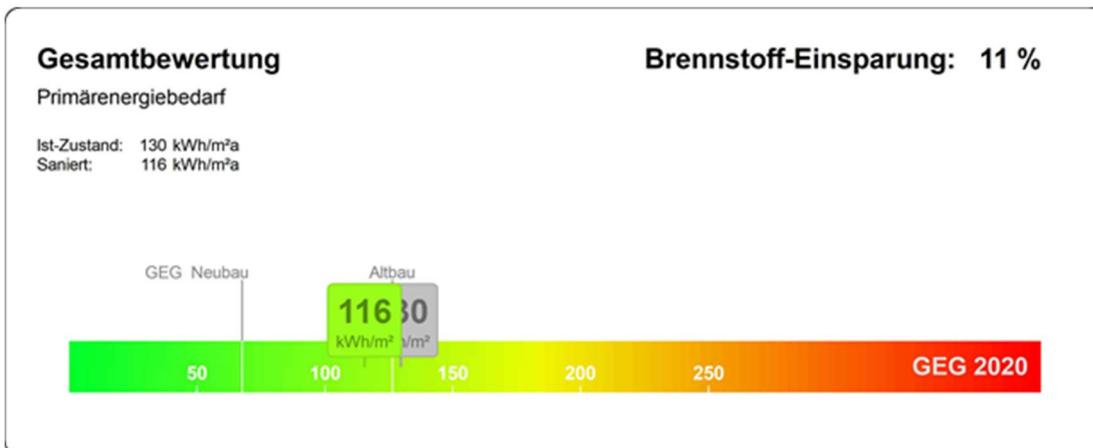


Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	168.726 EUR
Mögliche Fördermittel	0 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 23 Einsparpotenzial, SV 6

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	11.341	11.341
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	57.754	339.476
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	69.095	350.817
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	63.346	381.805
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>30.988</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>6 Jahre</i>

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 6 Jahren.

4.8 SV 7: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die in der Schule überwiegend vorhandenen Leuchtstoffröhren durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt. Die Sanierung der Beleuchtung in unbeheizten Räumen wird ebenfalls mitbetrachtet.

Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO₂-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.

Zone	Preis [€/m²]	Fläche [m²]	Summe [€]
Besprechung/Sitzungszimmer	80	290	23.200
Klassenzimmer	80	2.020	161.600
Lager	45	333	14.985
Gruppenbüro	80	482	38.560
Verkehrsfläche	45	1.611	72.495
Küche in NWG	80	327	26.160
WC und Sanitärräume	90	283	25.470
Unbeheizt	45	2.073	93.285
Gesamtausgaben			455.755

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

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

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

Info	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
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 68.363 € 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)

Info	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.
Förderanteil	25 % für Antragsberechtigte 40 % für Finanzschwache Kommunen* Mindestzuwendung 5.000 €
Fristen	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2024 bzw. 31.12.2027.

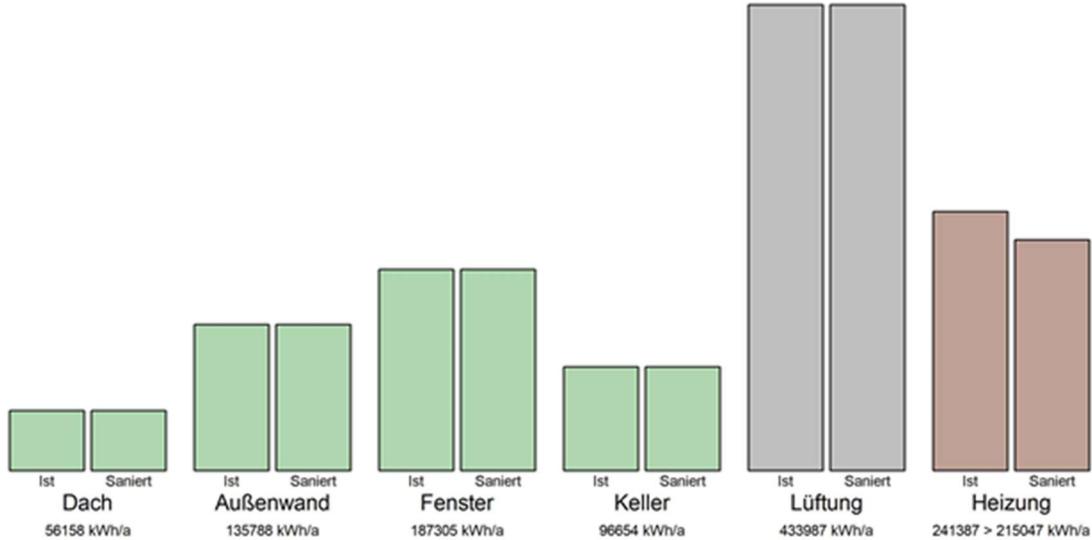
* Antragsberechtigte aus Braunkohlerevieren gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020, das heißt das Lausitzer Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Rheinische Revier, sind finanzschwachen Kommunen gleichgestellt.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 113.939 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Eine Kumulation der beiden Förderprogramme ist nicht möglich.

Energieeinsparung - Variante 7 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 829.900 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.162 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 11.224 kg CO₂/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 **125 kWh/m²** pro Jahr.

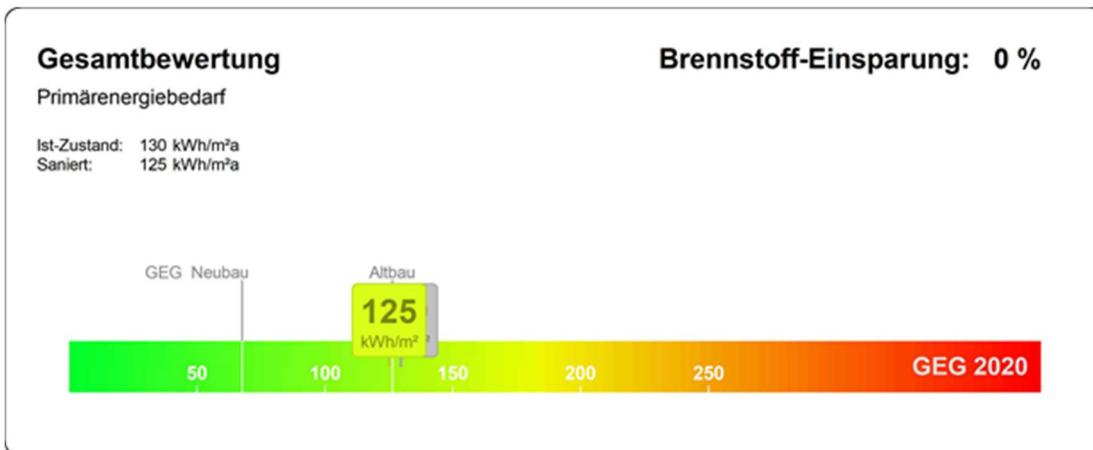


Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	455.755 EUR
Mögliche Fördermittel BEG EM (15 %)	68.363 EUR
Mögliche Fördermittel – Kommunalrichtlinie (25 %)	113.939 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	455.755 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 25 Einsparpotenzial, SV 7

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	30.634	30.634
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	53.605	372.702
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	84.239	403.336
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	63.346	381.805
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	Keine Einsparungen
Amortisationszeit	-	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten weder unter Annahme der alten, günstigen Preise noch unter der Annahme der neuen Preisen voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.9 SV 8: ERNEUERUNG GROÙE HEIZZENTRALE

In dieser Sanierungsvariante wird die große Heizzentrale erneuert. Die große Heizzentrale versorgt den Altbau und den Anbau 2. Ein Gas-Brennwertkessel der bestehenden Anlage wird gegen eine Sole-Wasser-Wärmepumpe getauscht. Dafür wird eine Wärmepumpe mit einer Gesamtleistung von 350 kW und ein Heizungs-Pufferspeicher vorgesehen. Hierdurch können bis zu 89 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Es wurden 70 Sonden mit einer Tiefe von 100 m angenommen. Es kann eine Großwärmepumpe oder mehrere kleinere Wärmepumpen in Kaskadenschaltung eingesetzt werden.

Bei der Umsetzung dieser Maßnahme sollte ein Fachplaner hinzugezogen werden und ein Thermischer Response Test (TRT) durchgeführt werden. Alternativ kann anstatt der Tiefensonden auf einen Eisspeicher zurückgegriffen werden. Ein Eisspeicher besteht aus einer wassergefüllten Zisterne, die komplett unterirdisch verbaut wird. Die Zisterne selbst ist meist aus Beton und nicht isoliert. Die Wärmepumpe entzieht dem Wasser die Wärme bis dieses vollständig gefroren ist. Die Regeneration (auftauen) des Speichers erfolgt im Wesentlichen über das umfassende Erdreich. Aber auch andere (Ab-)Wärmequellen können hierzu genutzt werden.

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

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	Einheit	Summe [€]
Sole-Wasser-Wärmepumpe	$(8.850 + 520 \cdot \text{kW}) \cdot 1,25$	350 kW	238.563
Tiefensonden	$(630 + 75 \cdot \text{Länge}) \cdot 1,25$	70 x 100 m	711.375
Sole-Wärmepumpe gesamt			949.938
Erneuerung Regelventile	$(3,5 \cdot \text{Fläche} + 230) \cdot 1,25$	6.678 m ²	29.504
Einbau smarte Einzelraumregelung	$(15 \cdot \text{Fläche}) \cdot 1,25$		125.213
Gesamtausgaben			1.104.655

Die Preise beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021. Um aktuelle Preissteigerungen abzubilden, wurden die Werte pauschal um 25% erhöht.

Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Sole-Wasser-Wärmepumpe	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.
Tiefensonden	Lieferung und Montag der Erdsonden, Durchführung der Bohrarbeiten, Hilfsaggregate, Anschluss an die Wärmepumpe, Inbetriebnahme, Lohnkosten.

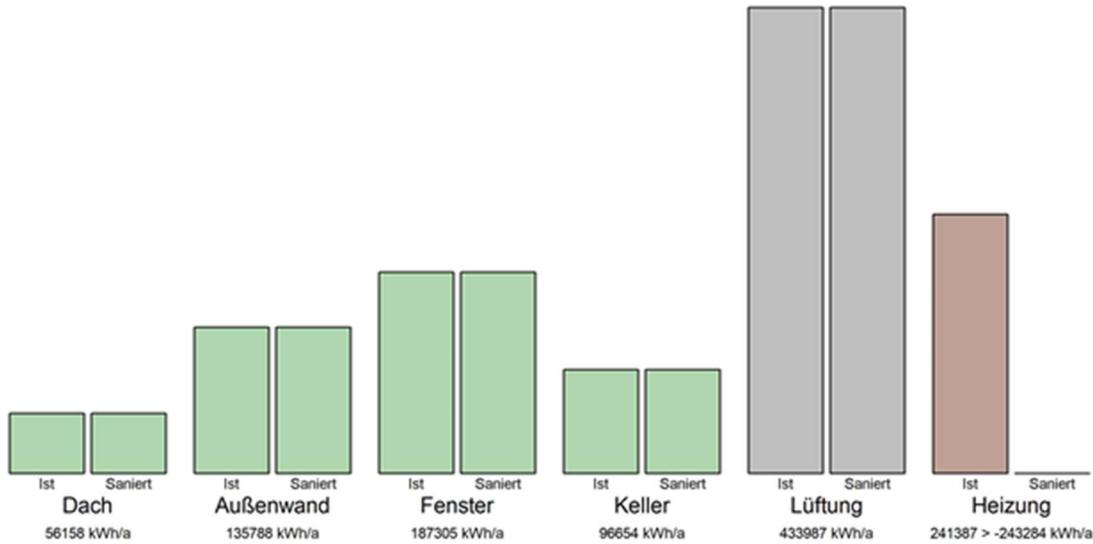
BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

Info	Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, das erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung mit einem Anteil von mindestens 25 Prozent einbindet.
Förderquote	Bis zu 30 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderkreditbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss über 30% von 331.397 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 8 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 58 %. 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 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 350.627 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 483.435 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 35.379 kg CO₂/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 **85 kWh/m²** pro Jahr.

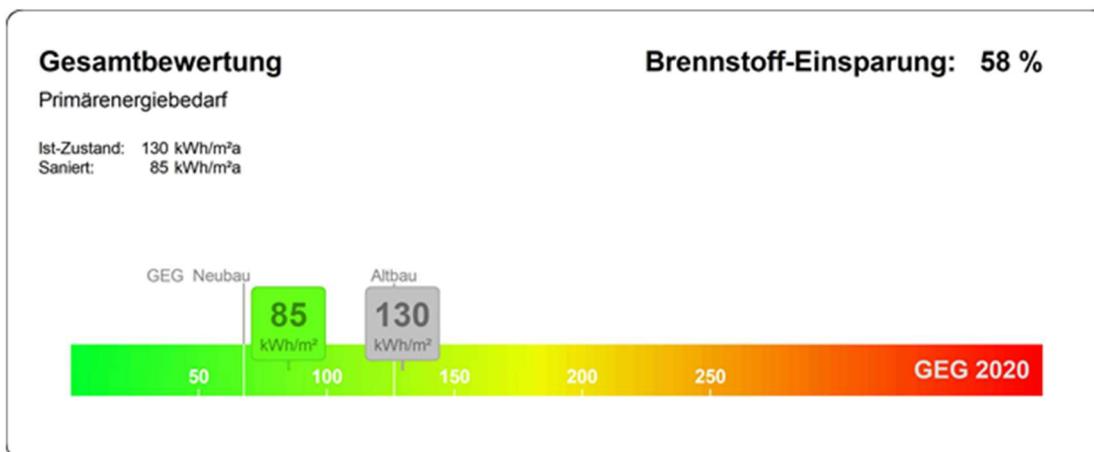


Abbildung 22 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 26 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8

Gesamtinvestitionen	1.104.655 EUR
Mögliche Fördermittel	331.397 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	1.104.655 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.

Für die Wärmepumpe wurde eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen. Für die Erdsonden wurde eine höhere Nutzungsdauer von 40 Jahren angenommen. Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauern gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 27 Einsparpotenzial, SV 8

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	66.535	66.535
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	108.326	272.830
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	174.861	339.365
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	90.235	543.872
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>204.507</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>9 Jahre</i>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauern vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 9 Jahren.

4.10 SV 9: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Fenstertausch 80er Jahre

Var. 2 – Fenstertausch 1995

Var. 3 – WDVS Altbestand

Var. 4 – Dämmen OGD

Var. 5 – Kellerdecke dämmen Trakt 5

Var. 7 – LED-Beleuchtung

Var. 8 – Erneuerung große Heizzentrale

kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO₂-Emissionen eingespart werden. Durch die gemeinsame Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen könnte ein Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden (vgl. Kap. 4.11).

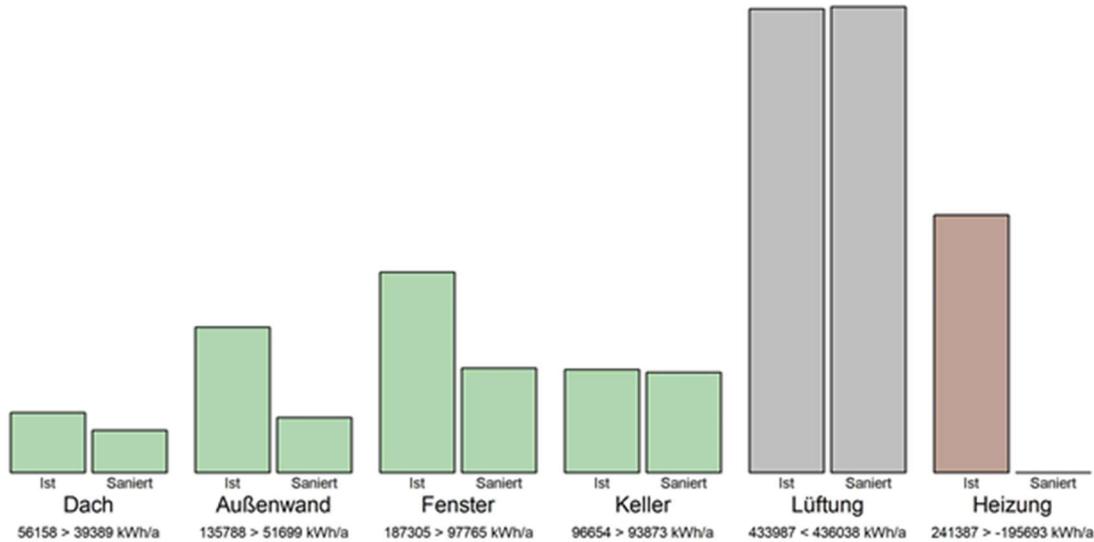
Für die Maßnahmenkombination können Fördermittel aus der BEG NWG (25 %) beantragt werden.

BEG Nichtwohngebäude – Neubau und Sanierung	
Info	Neubau und Komplettsanierungen von NWG zum Effizienzhaus auf Grundlage des GEG
Förderhöhe Sanierung	Zuschuss für Kommunen
70	25 %
70-EE	30 %
Förderbetrag	Max 2.000 € pro m ² NGF (max. 10 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 618.202 € (25 %) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 9 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 70 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 834.062 kWh/Jahr reduziert sich auf 249.625 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 584.437 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 85.196 kg CO₂/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 **60 kWh/m²** pro Jahr.

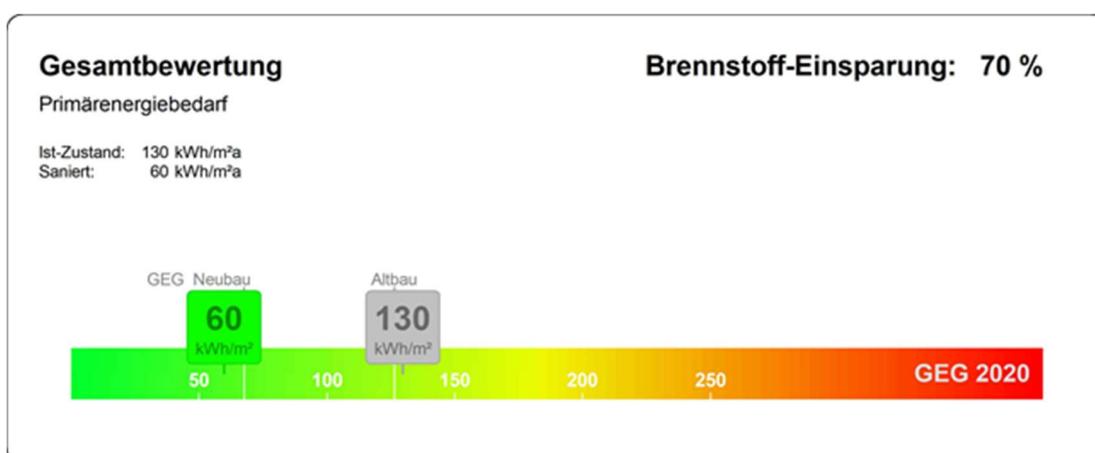


Abbildung 23 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 9

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 9 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 28 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 9

Gesamtinvestitionen	2.472.807 EUR
Mögliche Fördermittel	618.202 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	2.472.807 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.

Für die Wärmepumpe wurde eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen. Für die Erdsonden wurde eine höhere Nutzungsdauer von 40 Jahren angenommen. Bauteile der Außenhülle haben eine Nutzungsdauer von 30 Jahren. Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauern gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben

Tabelle 29 Einsparpotenzial, SV 9

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	167.311	167.311
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	72.672	190.354
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	239.983	357.665
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	90.235	543.872
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	186.207
Amortisationszeit	-	14 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauern vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahmenkombination nach 14 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremse 2023

Wie Ende 2022 bekanntgegeben wurde, wird es in Deutschland ab dem Frühjahr 2023 eine Preisbremse für Strom und Gas geben. Dies führt zu neuen Preisen, die die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verändern. Die Kostenannahmen der Preisbremse sind in Tabelle 32 dargestellt.

Tabelle 30 Kostenannahmen Preisbremse

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

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 33 über die vorher aufgeführten Nutzungsdauern 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 31 Einsparpotenzial, SV 9 mit Preisbremse

	mittlere jährl. Kosten „Preisbremse“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	167.311
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	169.681
Summe	336.992
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	293.132
Einsparung	Keine Einsparung
Amortisationszeit	-

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der Preise der Preisbremse die Investitionskosten innerhalb der maximalen Nutzungsdauer von 40 Jahren nicht vollständig decken.

4.11 EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht 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 einem Wärmerückgewinnungssystem für die Aufenthalts-Zonen vorhanden sein. Dies wäre technisch nur sehr schwierig umsetzbar und voraussichtlich nicht wirtschaftlich. Daher wird die EE-Klasse nicht erreicht. Mit Einsatz einer PV-Anlage (siehe. Kapitel 4.12 und 4.13) würde der Deckungsgrad ca. 61 % betragen.

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_{ep}	kWh/m ² a	103,7	<input checked="" type="checkbox"/> 207,5	148,2	<input type="checkbox"/> 59,3	<input type="checkbox"/> 81,5	<input checked="" type="checkbox"/> 103,8	<input checked="" type="checkbox"/> 148,2	<input checked="" type="checkbox"/> 237,2
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,24	<input checked="" type="checkbox"/> 0,56		<input type="checkbox"/> 0,18	<input type="checkbox"/> 0,22	<input checked="" type="checkbox"/> 0,26	<input checked="" type="checkbox"/> 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,1	<input checked="" type="checkbox"/> 2,7		<input type="checkbox"/> 1,0	<input checked="" type="checkbox"/> 1,2	<input checked="" type="checkbox"/> 1,4	<input checked="" type="checkbox"/> 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	1,2	<input checked="" type="checkbox"/> 4,3		<input checked="" type="checkbox"/> 1,6	<input checked="" type="checkbox"/> 2,0	<input checked="" type="checkbox"/> 2,4	<input checked="" type="checkbox"/> 3,0	

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

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Wärmepumpen	450211	54,6

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

Summe Deckungsgrad: 54,6%

- EE-Klasse Zusatzanforderungen

Abbildung 24 EG-Betrachtung Berufsbildende Schulen am Museumsdorf

4.12 SV 11: PHOTOVOLTAIKANLAGE MIT SPEICHER

In dieser separaten Variante wird eine auf Trakt 2 nach Ost-West ausgerichtete PV-Anlage, eine auf Trakt 1 nach Süden ausgerichtete PV-Anlage und eine auf Trakt 4 nach Westen ausgerichtete PV-Anlage mit einer gesamten Generatorleistung von 165,75 kWp und einer gesamten Speicherkapazität, mittels vier Batteriespeichern, von 84 kWh installiert. Der Eigenstromverbrauchsanteil liegt bei 54,9 % und der Autarkiegrad bei 41,3 %. Die Modulflächen würde mit 425 PV-Modulen 764,5 m² betragen.

Für diese PV-Anlage wurde der Stromverbrauch gemittelt, welcher bei ca. 185.824 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).

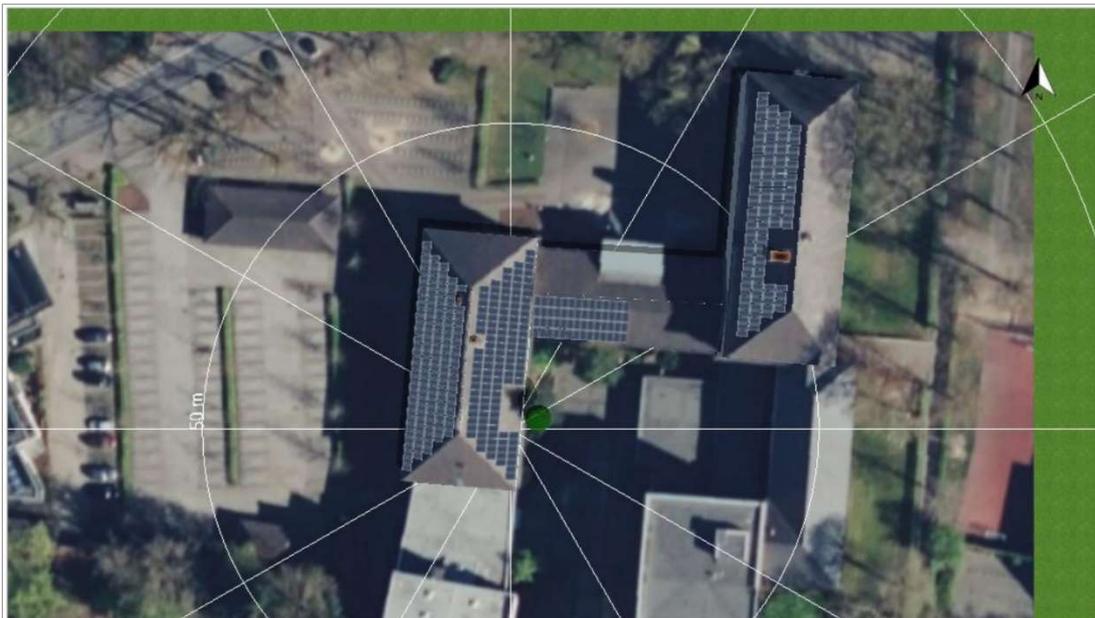


Abbildung 25 Übersichtsbild der geplanten PV-Anlage

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	165,75 kWp
Spez. Jahresertrag	858,70 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	88,85 %
Ertragsminderung durch Abschattung	3,3 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	
Direkter Eigenverbrauch	61.337 kWh/Jahr
Batterieladung	16.865 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	64.176 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	54,9 %
Vermeidene CO ₂ -Emissionen	66.215 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Verbraucher

Verbraucher	185.824 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	49 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	185.873 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	61.337 kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	15.503 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	109.033 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	41,3 %

Gesamtverbrauch



■ gedeckt durch PV
■ gedeckt durch Batterie netto
■ gedeckt durch Netz

Batteriesystem

Ladung am Anfang	84 kWh
Batterieladung (Gesamt)	16.874 kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	16.865 kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	9 kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	15.512 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	1.120 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	326 kWh/Jahr
Zyklenbelastung	4,1 %
Lebensdauer	>20 Jahre

Batterieladung (Gesamt)



■ Batterieladung (PV-Anlage)
■ Batterieladung (Netz)

Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	185.873 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	109.033 kWh/Jahr
Autarkiegrad	41,3 %

Wirtschaftliche Kenngrößen

Gesamtkapitalrendite	6,52 %
Kumulierter Cashflow	189.786,78 €
Amortisationsdauer	13,8 Jahre
Stromgestehungskosten	0,1283 €/kWh

Zahlungsübersicht

spezifische Investitionskosten	1.874,06 €/kWp
Investitionskosten	310.625,00 €
Investitionen	248.625,00 €
Batteriespeicher	62.000,00 €

Vergütung und Ersparnisse

Gesamtvergütung im ersten Jahr	2.489,62 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	18.276,26 €/Jahr

EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen

Gültigkeit	21.12.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,0388 €/kWh
Einspeisevergütung	2489,6217 €/Jahr

Gewerbe (Kopie) (Kopie) (Example)

Arbeitspreis	0,238 €/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.

4.13 SV 12: PHOTOVOLTAIKANLAGE OHNE SPEICHER

In dieser separaten Variante werden dieselben PV-Anlagen dargestellt, jedoch ohne Batteriespeicher. Die technischen Daten und Hinweise sind aus Kapitel 4.13 zu entnehmen. Ohne Batteriespeicher wird ein Eigenverbrauchsanteil von 43,1 % und ein Autarkiegrad von 33 % erreicht.

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	165,75 kWp
Spez. Jahresertrag	858,70 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	88,85 %
Ertragsminderung durch Abschattung	3,3 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	142.379 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	61.389 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	80.990 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	43,1 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	66.895 kg/Jahr

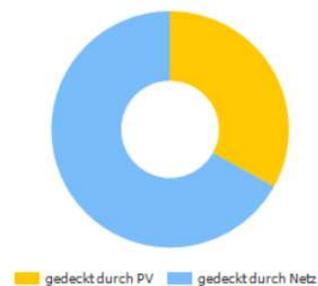
PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Verbraucher

Verbraucher	185.824 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	49 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	185.873 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	61.389 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	124.484 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	33,0 %

Gesamtverbrauch



Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	185.873 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	124.484 kWh/Jahr
Autarkiegrad	33,0 %

Wirtschaftliche Kenngrößen

Gesamtkapitalrendite	7,04 %
Kumulierter Cashflow	169.914,22 €
Amortisationsdauer	13,2 Jahre
Stromgestehungskosten	0,1027 €/kWh

Zahlungsübersicht

spezifische Investitionskosten	1.500,00 €/kWp
Investitionskosten	248.625,00 €
Investitionen	248.625,00 €

Vergütung und Ersparnisse

Gesamtvergütung im ersten Jahr	3.141,87 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	14.598,84 €/Jahr
EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen	
Gültigkeit	21.12.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,0388 €/kWh
Einspeisevergütung	3141,8722 €/Jahr
Gewerbe (Kopie) (Kopie) (Example)	
Arbeitspreis	0,238 €/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.

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der 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 8 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 58 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch die Erneuerung der großen Heizzentrale. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 18 % gesenkt werden. Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 70 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 22 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Dadurch würde der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden.

Aufgrund der hohen Einsparungen wird mindestens die Erneuerung der Heizzentrale 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 kann die Sole-Wasser-Wärmepumpen ebenfalls effizienter arbeiten.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO₂-Emissionen selbst bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht gänzlich vermieden werden und liegen bei ca. 116 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strommix im Laufe der nächsten Jahre voraussichtlich deutlich verbessern und die anzusetzenden CO₂-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. CO₂-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.

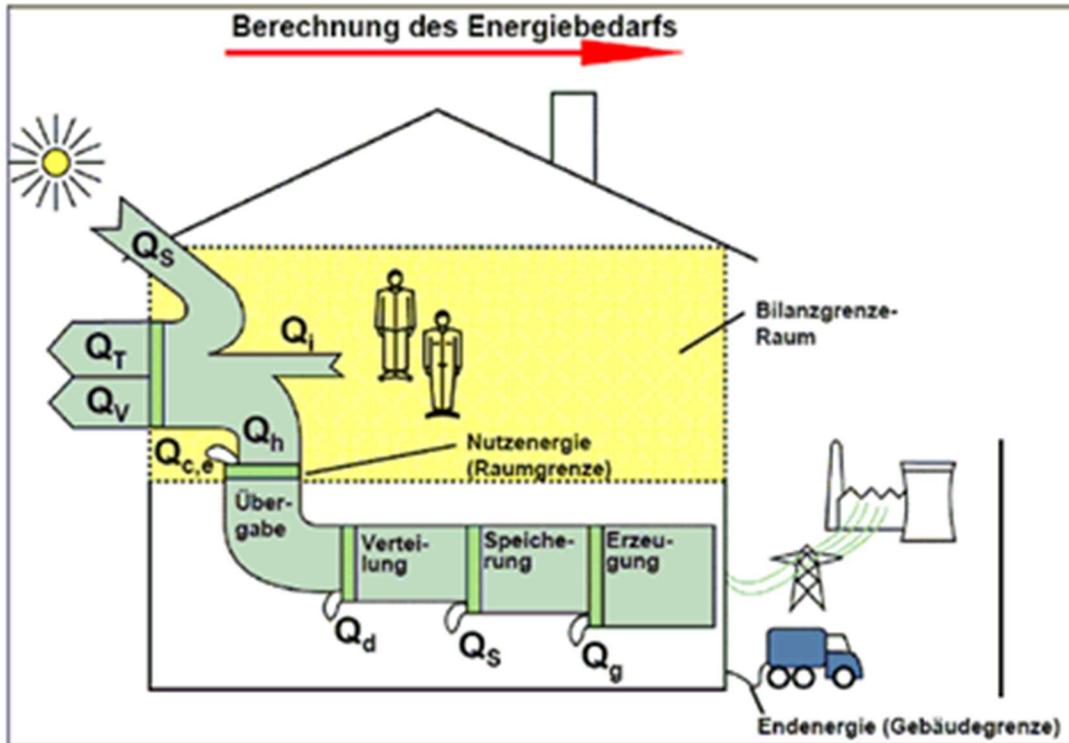


Abbildung 26 Berechnung des Energiebedarfs

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 (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.