



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

FÜR DIE FEUERWEHRTECHNISCHE ZENTRALE CLOPPENBURG

Auftraggeber

Landkreis Cloppenburg
Eschstr. 29
49661 Cloppenburg

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Ansprechpartner: Christof Kattenbeck

Greven, den 04.04.2023



LANDKREIS
CLOPPENBURG
WIRISTHIER.



energielenker
Für Klima und Zukunft

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	5
1 Einleitung	6
2 Zusammenfassung	7
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG	7
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	9
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	10
3 Ausgangssituation	11
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES	11
3.2 FOTODOKUMENTATION	12
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	14
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	17
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft	17
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte	18
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	20
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung	20
3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand	21
3.6 WÄRMEBRÜCKEN	21
3.7 ANLAGENTECHNIK	22
3.7.1 Heizungsanlage	22
3.7.2 Warmwasserversorgung	22
3.7.3 Beleuchtung	22
3.7.4 Lüftungstechnik	22
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG	23
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	23
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	23
3.8.3 Energiekosten	27
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	27
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	28
4 Sanierungsvarianten	29
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	29
4.1 SV 1: FENSTER + TORE AUSTAUSCHEN	30

4.2	SV 2: DÄCHER + AUßENWÄNDE DÄMMEN	33
4.3	SV 3: LED-BELEUCHTUNG	36
4.1	SV 4: HYDRAULISCHER ABGLEICH	40
4.1	SV 5: LUFT-WASSER WÄRMEPUMPE.....	43
4.1	SV 6: PV-ANLAGE	46
4.2	SV 7: MAßNAHMENKOMBINATION	48
4.2.1	Effizienzgebäudebetrachtung.....	52
5	Fazit	53
6	Anhang	54
A.1	GLOSSAR	54

ENTWURF

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude	11
Abbildung 2 3D-Ansicht des Gebäudes	14
Abbildung 3 Nutzungszonen	15
Abbildung 4 Grundriss EG, zonierte	16
Abbildung 5 Grundriss OG, zonierte	16
Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung	18
Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	19
Abbildung 8 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste	24
Abbildung 9 Energiebilanz des Gebäudes.....	25
Abbildung 10 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	25
Abbildung 11 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes	26
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	31
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	34
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	38
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	41
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	44
Abbildung 17 Übersichtsbild Flächen für geplante PV-Anlage	46
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7	49
Abbildung 19 Berechnung des Energiebedarfs	55

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	12
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung.....	14
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	17
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	18
Tabelle 5 Gebäudekennwerte.....	20
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	23
Tabelle 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	24
Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger.....	27
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger.....	27
Tabelle 10 Globale Daten zur Ökonomie.....	27
Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1.....	32
Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 1.....	32
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2.....	35
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 2.....	35
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3.....	39
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 3.....	39
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4.....	42
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 4.....	42
Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5.....	45
Tabelle 20 Einsparpotenzial, SV 5.....	45
Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7.....	50
Tabelle 22 Einsparpotenzial, SV 7.....	50

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die Feuerwehrtechnische Zentrale (FTZ) Cloppenburg wurde im Rahmen der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme, Modul 2: Energieberatung DIN V 18599 nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für den Landkreis Cloppenburg erstellt.

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

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

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

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

Die energetischen Berechnungen im vorliegenden Bericht wurden mit dem „Energieberater 18599 3D“ der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG¹ durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

¹ <https://www.hottgenroth.de>

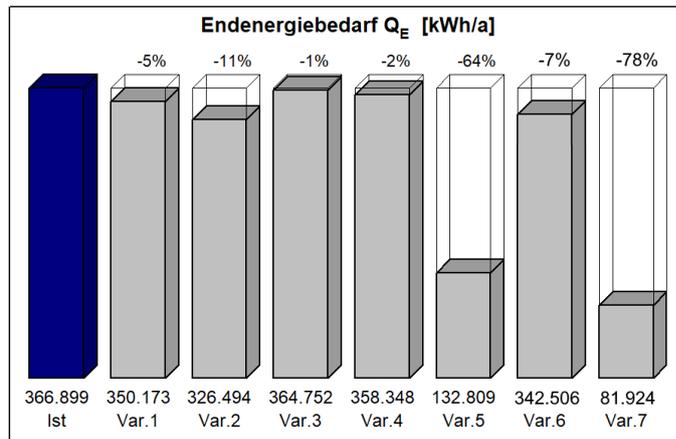
2 ZUSAMMENFASSUNG

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:

Endenergiebedarf Q_E :

- Ist-Zustand
- Var.1 - Fenster + Tore austauschen
- Var.2 - Dächer + Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var.6 - PV-Anlage
- Var.7 - Maßnahmenkombination

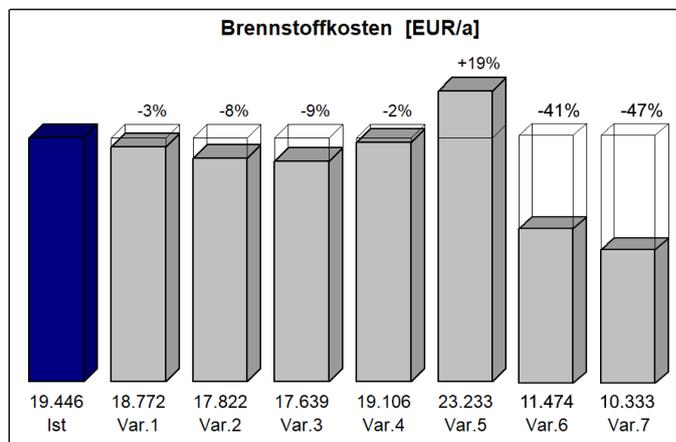


Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt. Wie in Kap. 4.3 beschrieben, führt die Wärmepumpe (Var.5) bei den Bestands-Preisen noch zu einer Erhöhung der Brennstoffkosten. Bei aktuell ortsüblichen Energiepreisen reduzieren sich die Kosten durch die Wärmepumpe deutlich.

Brennstoffkosten nach alten Preisen:

Brennstoffkosten:

- Ist-Zustand
- Var.1 - Fenster + Tore austauschen
- Var.2 - Dächer + Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var.6 - PV-Anlage
- Var.7 - Maßnahmenkombination

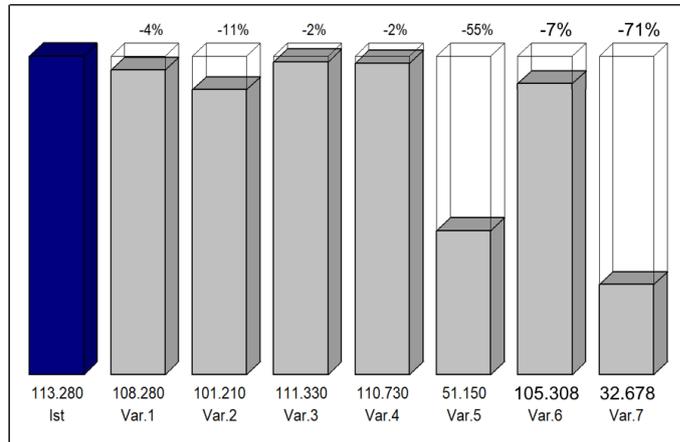


Brennstoffkosten nach neuen Preisen:

Brennstoffkosten:

Ist-Zustand

- Var. 1 - Fenster + Tore austauschen
- Var. 2 - Dächer + Außenwände dämmen
- Var. 3 - LED-Beleuchtung
- Var. 4 - hydraulischer Abgleich
- Var. 5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var. 6 - PV-Anlage
- Var. 7 - Maßnahmenkombination



ENTWURF

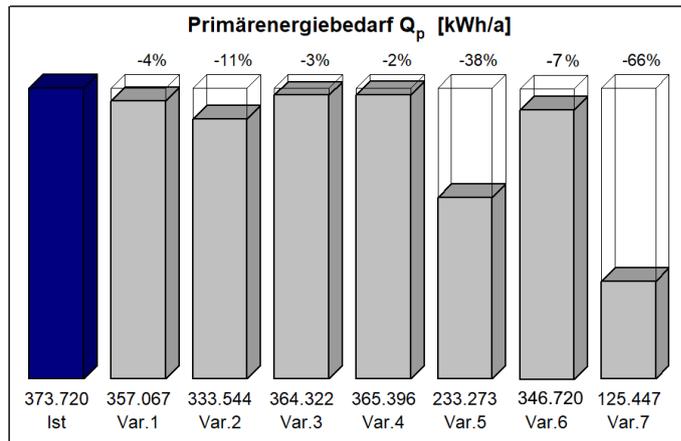
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

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.

Primärenergiebedarf Q_p :

Ist-Zustand

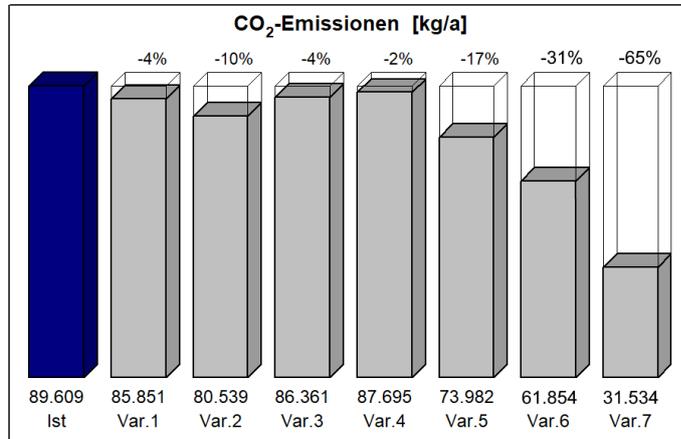
- Var. 1 - Fenster + Tore austauschen
- Var. 2 - Dächer + Außenwände dämmen
- Var. 3 - LED-Beleuchtung
- Var. 4 - hydraulischer Abgleich
- Var. 5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var. 6 - PV-Anlage
- Var. 7 - Maßnahmenkombination



CO₂-Emissionen:

Ist-Zustand

- Var. 1 - Fenster + Tore austauschen
- Var. 2 - Dächer + Außenwände dämmen
- Var. 3 - LED-Beleuchtung
- Var. 4 - hydraulischer Abgleich
- Var. 5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var. 6 - PV-Anlage
- Var. 7 - Maßnahmenkombination

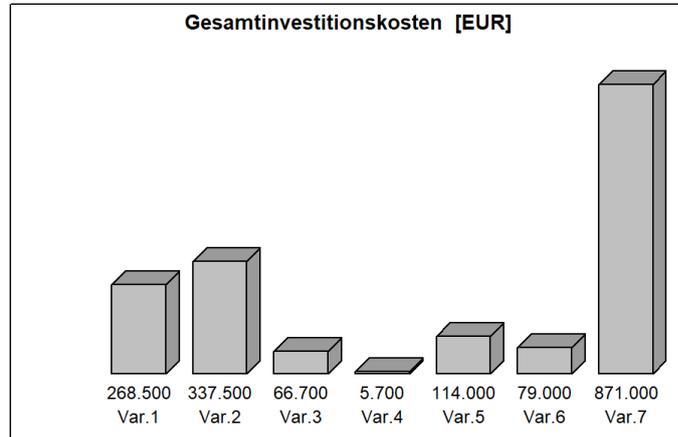


2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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.

Gesamtinvestitionskosten:

- Var.1 - Fenster + Tore austauschen
- Var.2 - Dächer + Außenwände dämmen
- Var.3 - LED-Beleuchtung
- Var.4 - hydraulischer Abgleich
- Var.5 - Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var.6 - PV-Anlage
- Var.7 - Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Feuerwehrtechnische Zentrale liegt an der Hohe Tannen im Osten von Cloppenburg. Das Gebäude wurde im Jahr 1986 als eingeschossiger Massivbau errichtet. Der Südteil des Gebäudes verfügt über Büros, Feuerwehr spezifische Technikräume und Sanitärräume. Im Jahr 2016 wurde dieser Teil durch ein weiteres Geschoss mit Seminarräumen erweitert. Im Zuge dieser Maßnahme wurden ebenfalls die Fenster im Erdgeschoss erneuert.

Die restlichen Teile des Gebäudes sind überwiegend durch Werkstätten und Fahrzeughallen belegt. Die Fahrzeughalle 2 am Nord-Ende wurde 2000 angebaut und wird lediglich frostfrei beheizt. Die Außenfassade der alten Bauteile besteht aus roten Klinkern, wobei die Hallen über große Tor-Flächen für die Fahrzeuge verfügen.

Die Heizungsanlage des Gebäudes wurde noch nicht erneuert und wird über einen alten Gas-Brennwertkessel mit einer Leistung von 170kW versorgt. Zur Warmwasserversorgung dient ein Warmwasser-Speicher. Das Gebäude verfügt über mehrere Lüftungsanlagen, die teilweise mit Wärmerückgewinnung betrieben werden.



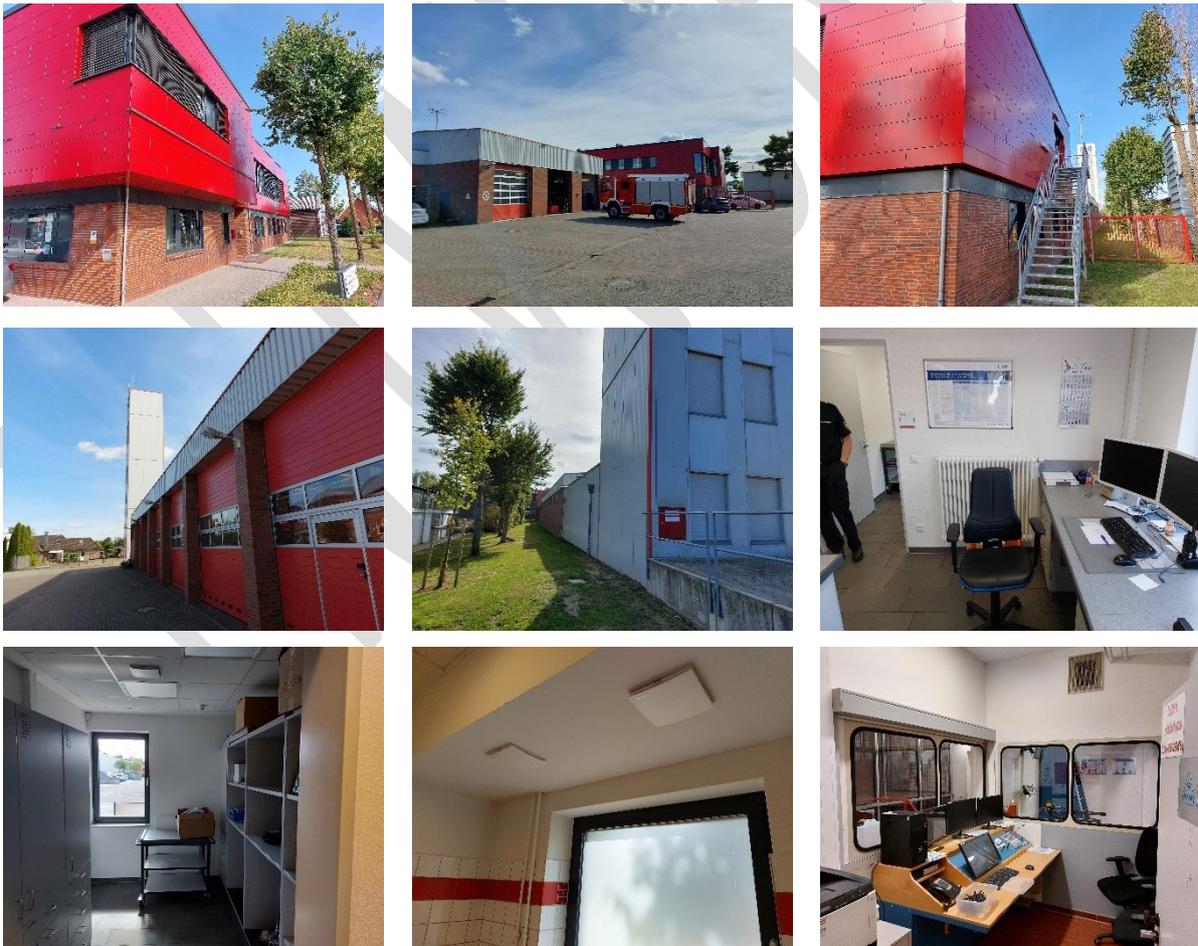
Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Feuerwehrtechnische Zentrale
Gebäudetyp	Feuerwehrgebäude
Straße, Hausnr.	Hohe Tannen 13
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg
Baujahr	1986, 2000, 2016
Beheiztes Gebäudevolumen V	10.463 m ³
Nettogrundfläche ANGF	2.498 m ²
Thermische Hüllfläche	5.127 m ²
Mittlere Geschosshöhe	ca. 4,19 m

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

3.2 FOTODOKUMENTATION





3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

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

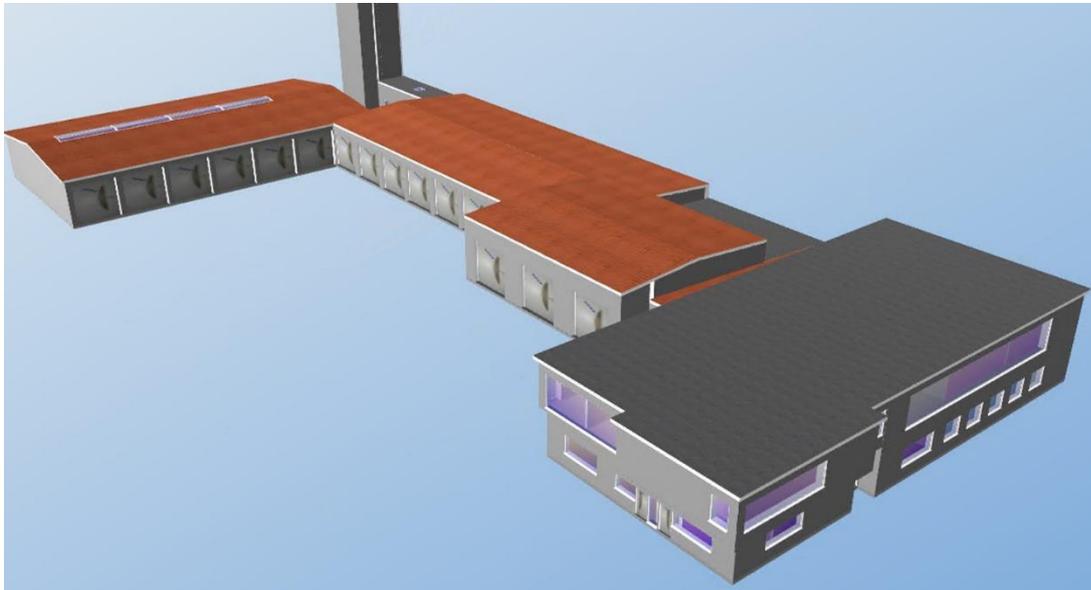


Abbildung 2 3D-Ansicht des Gebäudes

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Konditionierung			Größe in m ²	Anteilige Größe der Zone in %
	Thermische Konditionierung	RLT	Beleuchtung		
Atemschutz- übung und Ar- beitsraum	beheizt	-	LED-Leuchten	69	2,8 %
Halle (einfache Arbeit)	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	616	24,7 %
WC und Sanitärraum entlüftet	beheizt	Abluftanlagen	LED-Leuchten	79	3,2 %
Gruppenbüro	beheizt	-	LED-Leuchten	132	5,3 %
Fahrzeughalle 2	beheizt (Frostschutz)	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	459	18,4 %
WC und Sanitärraum be- und entlüftet	beheizt	Zu- und Abluftanlage	LED-Leuchten	43	1,7 %
Lager	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	255	10,2 %

Besprechung/Sitzung/Seminar	beheizt	-	LED-Leuchten	265	10,6 %
Lager entlüftet	beheizt	Abluftanlagen	LED-Leuchten	80	3,2 %
Verkehrsfläche	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	406	16,2 %
			LED-Leuchten		
Küche in Nichtwohngebäuden	beheizt	Abluftanlagen	LED-Leuchten	20	0,8 %
Atemschutz Anlieferung be- und entlüftet	beheizt	Zu- und Abluftanlage	LED-Leuchten	76	3,0 %
Summe				2.498	100%

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

Zonen nach DIN V 18599

«

■	Atemschutzübung und Arbeitsraum
■	Gewerbliche Halle, industrielle Halle (einfache Arbeit)
■	WC und Sanitärräume entlüftet
■	Gruppenbüro
■	Fahrzeughalle 2
■	WC und Sanitärräume be- und entlüftet
■	Lager
■	Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar
■	Lager entlüftet
■	Verkehrsfläche
■	Küche in Nichtwohngebäuden
■	Atemschutz Anlieferung be- und entlüftet

Abbildung 3 Nutzungszonen

In den folgenden Abbildungen sind die zonierte Grundrisse zu sehen:



Abbildung 4 Grundriss EG, zoniert

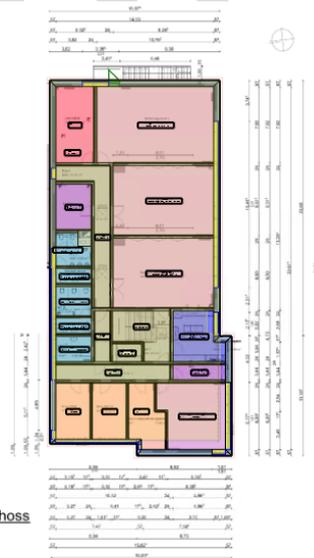


Abbildung 5 Grundriss OG, zoniert

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

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

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

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

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

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	251.834	248.122	242.802	247.586
Strom [kWh/a]	50.822	57.732	55.281	54.612
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	302.656	305.854	298.083	302.198
Wasser [m ³ /a]	430	444	368	414

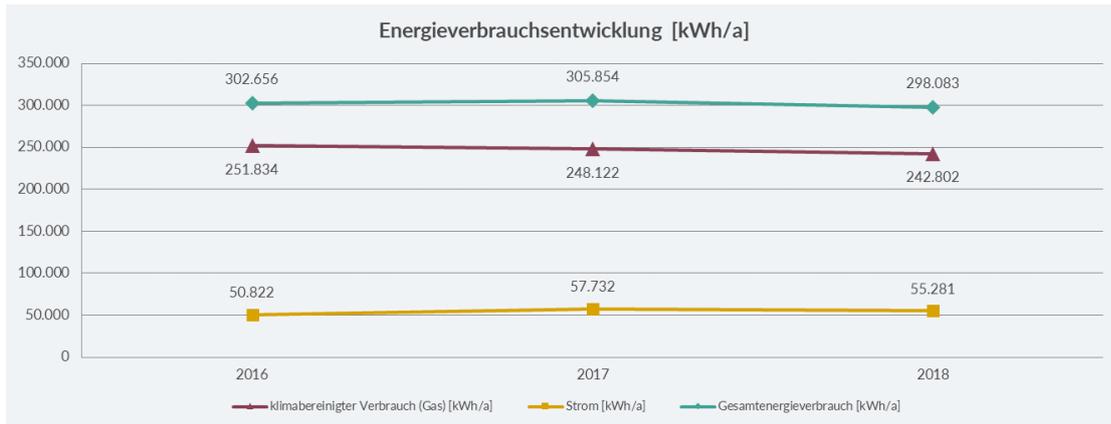


Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

3.4.2 Energieverbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Der Bezugswert ist die Nettogrundfläche der FTZ mit insgesamt 2.498 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Feuerwehren	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	22	19
Wärme	58	99	124
Wasser	34	166	230

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

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

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)

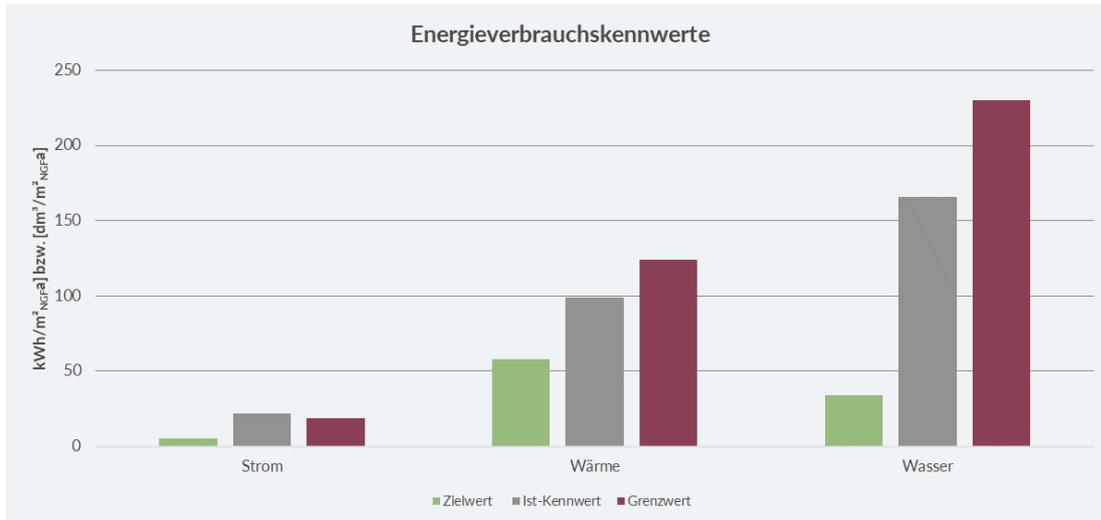


Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Strom sind höher als die Grenzwerte. Der weitere Ausbau der LED-Beleuchtung und die Nutzung von Präsenzmeldern würde den Stromverbrauchskennwert näher an den Zielwert bringen. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die FTZ viele Gerätschaften beinhaltet, die den Stromverbrauch über den einer normalen Feuerwehr anheben.

Der Wasserverbrauch liegt zwischen Ziel- und Grenzwert. Um den Wasserverbrauch zu senken, können Durchflussbegrenzer in den WC-Räumen und Sparduschköpfe für die Duschen in den Umkleidekabinen eingesetzt werden. Der Wärmeverbrauchskennwert liegt ebenfalls zwischen dem Zielwert und dem Grenzwert.

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 alt	0,60	0,30	0,25
Bodenplatte Fahrzeughalle 2000	0,60	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand alt	0,45	0,24	0,20
Außenwand Fahrzeughalle 2000	0,30	0,24	0,20
Außenwand Aufstockung 2016	0,20	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Dachflächen alt	0,40	0,20	0,14
Dachflächen Fahrzeughalle 2000	0,30	0,24	0,14
Dachflächen Aufstockung	0,20	0,24	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 U_w-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.

<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
<i>Fenster 1986</i>	3,20	1,30	0,95
<i>Dachfenster Fahrzeughalle 2000</i>	1,90	1,30	0,95
<i>Fenster 2016</i>	0,90	1,30	0,95
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
<i>Hallentore 2000</i>	3,50	2,90	2,00
<i>Hallentore 2013</i>	2,90	2,90	2,00
<i>Außentüren alt</i>	2,70	1,80	1,30
<i>Außentüren neu</i>	1,10	1,80	1,30

3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

Die U-Werte für die Bauteile, für die keine genauen Schichtaufbauten vorliegen, werden entsprechend des Baualters eingestuft. Sollten konkrete Bauteilbeschreibungen vorliegen, werden diese Berücksichtigung finden.

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. Hierfür könnte eine Prüfung mittels einer Wärmebildkamera durchgeführt werden, um offensichtliche Wärmebrücken zu erkennen.

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung 1

*Gas-Brennwertkessel
Energieträger Erdgas
Baujahr 1986
170 kW Nennleistung
hydraulischer Abgleich nicht durchgeführt
Leitungen gedämmt
Umwälzpumpen geregelt
Übergabe an die Zonen über Heizkörper und Lüftung*

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt über die Heizungsanlage und einen alten Warmwasserspeicher mit 325 Litern Nenninhalt. Hierüber werden die Duschen und die Waschbecken mit Warmwasser versorgt.

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt in den Fahrzeughallen überwiegend durch Leuchtstoffröhren. Die sanierten Verwaltungsräume verfügen über moderne LED-Leuchten mit Beleuchtungskontrolle (vgl. Kap. 3.3).

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

3.7.4 Lüftungstechnik

Einige Sanitäräume, sowie der Atemschutz-Anlieferungsbereich werden über Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung be- und entlüftet. Die Lagerräume und sonstigen Sanitäräume, sowie die Küche im 1.OG verfügen nur über eine Entlüftung.

Die Lüftungstechnik für den Atemschutzübungsraum dient lediglich der Rauch-Entlüftung für Feuerwehr-Übungen und wird daher bei der Gebäudebetrachtung nicht weiter berücksichtigt.

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

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen 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	134,78
spez. Endenergiebedarf Warmwasser	2,99
spez. Endenergiebedarf Beleuchtungsstrom	6,99
spez. Endenergiebedarf Strom für die Lüftungsanlagen	2,11

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

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.

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?

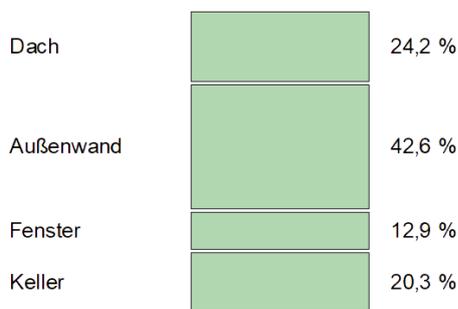
Die Antwort auf diese Fragen gibt eine Energiebilanz. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

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.

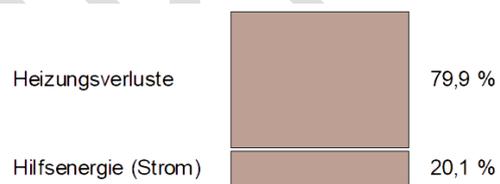
⁷ siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

Tabelle 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	50.614	24,2
Außenwand	89.356	42,6
Fenster	27.059	12,9
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	42.492	20,3
Gesamt	209.521	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	110.589	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt (Heizung + Warmwasser)	148.173	100,0



Aufteilung der Transmissionsverluste



Aufteilung der Anlagenverluste

Abbildung 8 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

Transmissionswärmeverluste sowie Anlagenverluste können mithilfe einer energetischen Sanierung des Gebäudes deutlich reduziert werden. Lüftungsverluste werden bei einer energetischen Sanierung ebenfalls minimiert, dennoch werden diese immer noch in einem nicht unerheblichen Anteil vorhanden sein. Abhilfe kann hier eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung schaffen. Der kontrollierte mechanische Luftwechsel minimiert die Lüftungsverluste.

Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftung berücksichtigt. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

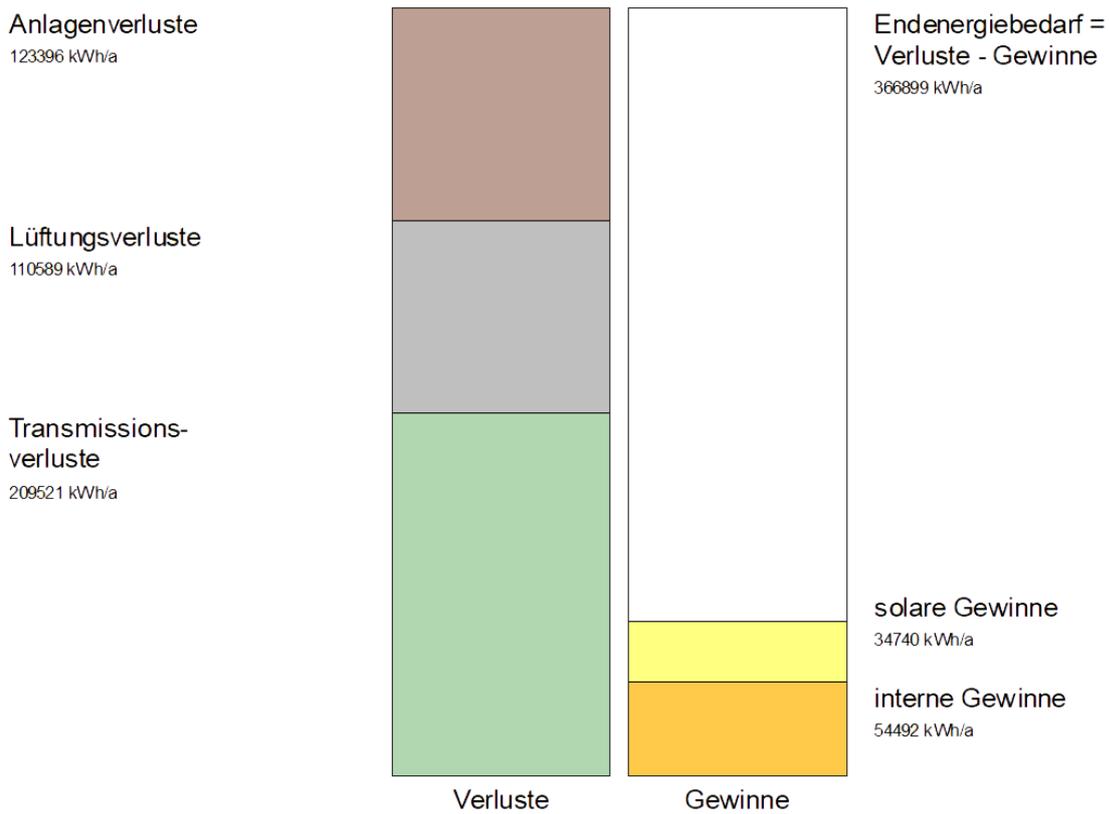


Abbildung 9 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 128,4 kWh/m²a.

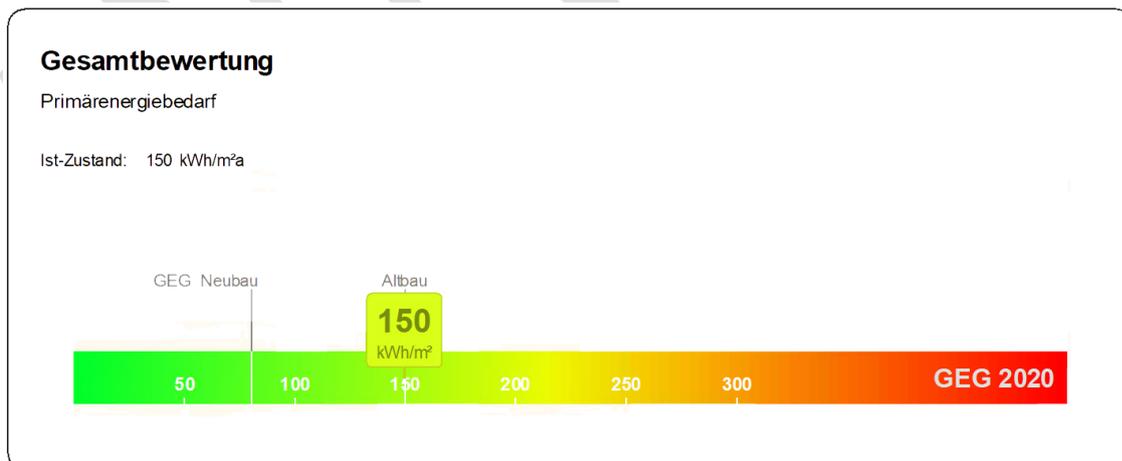


Abbildung 10 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand der FTZ ist dem Baualter entsprechend mittelmäßig, wobei der bauliche Zustand aufgrund der bereits durchgeführten Sanierungen an Teilen des Gebäudes eher überdurchschnittlich ist. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf Q_P (kWh/m²a), den mittleren U-Wert opaker Bauteile (W/m²K) und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile (W/m²K). Die berechneten Werte sind entscheidend

bei der Erreichung eines Effizienzhausstandards. Wichtig hierbei ist, dass die Bauteile der Fahrzeughalle, die lediglich frostfrei beheizt wird, andere Anforderungen hat als die restlichen Bauteile.

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q _p	kWh/m ² a	153,6	✓ 149,9	107,1	□ 42,8	□ 58,9	□ 74,9	□ 107,1	✓ 171,3
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,32	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	□ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,5	✓ 2,7		□ 1,0	□ 1,2	□ 1,4	✓ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	2,7	✓ 4,3		□ 1,6	□ 2,0	□ 2,4	✓ 3,0	
Mittlerer U-Wert opake Baut. <19°C	W/m ² K	0,36	✓ 0,84		□ 0,24	□ 0,28	□ 0,32	✓ 0,40	
Mittlerer U-Wert transp. Baut. <19°C	W/m ² K	1,2	✓ 4,9		✓ 1,3	✓ 1,5	✓ 1,7	✓ 2,2	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln <19°C	W/m ² K	3,3	✓ 5,5		□ 2,0	□ 2,5	□ 2,8	✓ 3,6	

Abbildung 11 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes

Aus Abbildung 11 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand **keinen** Effizienzgebäude-Standard erfüllt. Dies liegt an der alten Heizungsanlage, da die Werte der Bauteile ausreichen würden, um einen EG 100 Standard zu erfüllen.

3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 8 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg. Da diese Werte deutlich niedriger sind, als aktuelle, ortsübliche Tarife, sind in Tabelle 9 Werte aus aktuellen Tarifen abgebildet. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [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 9 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [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 10 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.

In den Investitionskosten sind auch die Kosten für kleinere Nebenarbeiten enthalten und es handelt sich um Brutto-Preise.

Beispiel:

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

ENTWURF

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

Empfohlene Sanierungsvarianten:

- Var. 1 – Fenster + Tore austauschen
- Var. 2 – Dach + Außenwände dämmen
- Var. 3 – LED-Beleuchtung
- Var. 4 – hydraulischer Abgleich
- Var. 5 – Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Var. 6 – Photovoltaik-Anlage
- Var. 7 – Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 7) kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden. Für Details siehe Kap. 4.2.1.

4.1 SV 1: FENSTER + TORE AUSTAUSCHEN

Die meisten Fenster wurden bei den Sanierungsmaßnahmen 2016 bereits durch hocheffiziente 3-fach Verglasung ausgetauscht. In dieser Maßnahme werden lediglich die restlichen Fenster erneuert.

Die alten Fenster werden durch neue 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt.

Die alten Hallentore entsprechen nicht mehr den neusten Anforderungen. Diese werden mit einem U_w -Wert von $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt. Allerdings sollte überlegt werden, ob die Tore der Fahrzeughalle 2 wirklich erneuert werden sollten, da diese kaum beheizt wird und die Einsparungen daher sehr gering wären.

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Alu-Fenster inkl. Einbau	1.143,95		
Einzelfenster Alu gesamt	1.200	22	26.500
Rolltore Rückbau	37,47		
Rolltore inkl. Einbau	753,68		
Rolltore	800	303	242.000
Gesamtausgaben			268.500

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

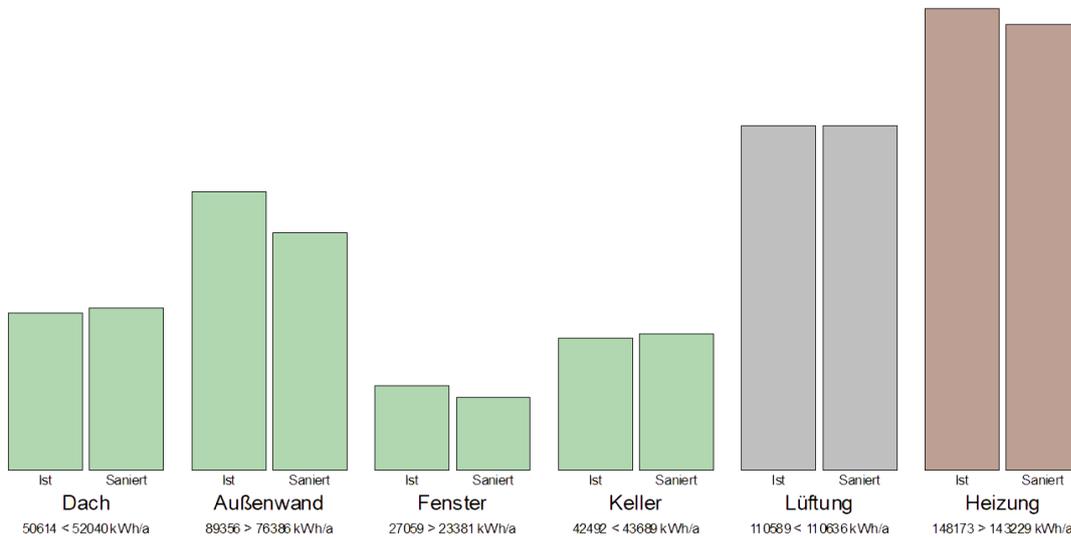
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 40.275 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 366.899 kWh/Jahr reduziert sich auf 350.173 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 16.727 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.757 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 143 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

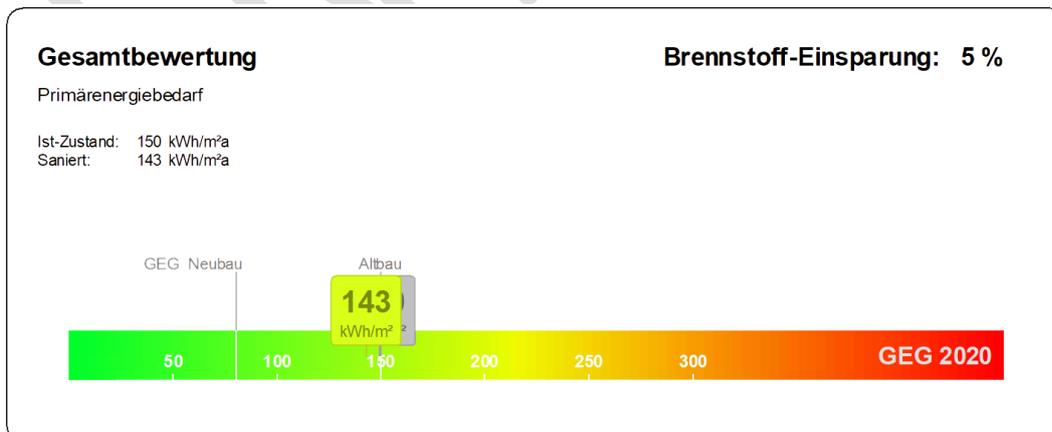


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	268.500 EUR
Mögliche Fördermittel	40.275 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 12 Einsparpotenzial, SV 1

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	13.699	13.699
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	33.491	193.184
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	47.190	206.883
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	34.694	202.107
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	Keine Einsparung	Keine Einsparung
<i>Amortisationszeit</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 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme ebenfalls knapp nicht.

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.

4.2 SV 2: DÄCHER + AUßENWÄNDE DÄMMEN

In dieser Variante werden die Flachdächer erneuert und nachträglich gedämmt. Das Dach der Fahrzeughalle 2 wird hierbei nicht erneuert.

Die bestehenden Abdichtungen und Dämmschichten werden zurückgebaut und anschließend mit 24 cm Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von 0,035 W/mK gedämmt und neu abgedichtet. Um BEG-Förderung in Anspruch nehmen zu können, muss der U-Wert für Einzelmaßnahmen $\leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ betragen. Dieser Wert wird durch die gewählte Dämmstoffdicke erreicht.

Zusätzlich werden die alten Außenwände nachträglich gedämmt. Die Außenwände der Fahrzeughalle 2 werden hierbei nicht erneuert.

Die Außenwände werden von außen mit 14 cm Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von 0,040 W/mK gedämmt und verkleidet. Um BEG-Förderung in Anspruch nehmen zu können, muss der U-Wert für Einzelmaßnahmen $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ betragen. Dieser Wert wird durch die gewählte Dämmstoffdicke unterschritten (U-Wert = $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$).

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Einheit	Summe [€]
Rückbau Flachdachbelag	49,25		
Flachdach nach Energiestandards	134,12		
Flachdächer gesamt	200	1.045	209.000
Außenwand WD auf alten Klinker	180	714	128.500
Gesamtausgaben			337.500

Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

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

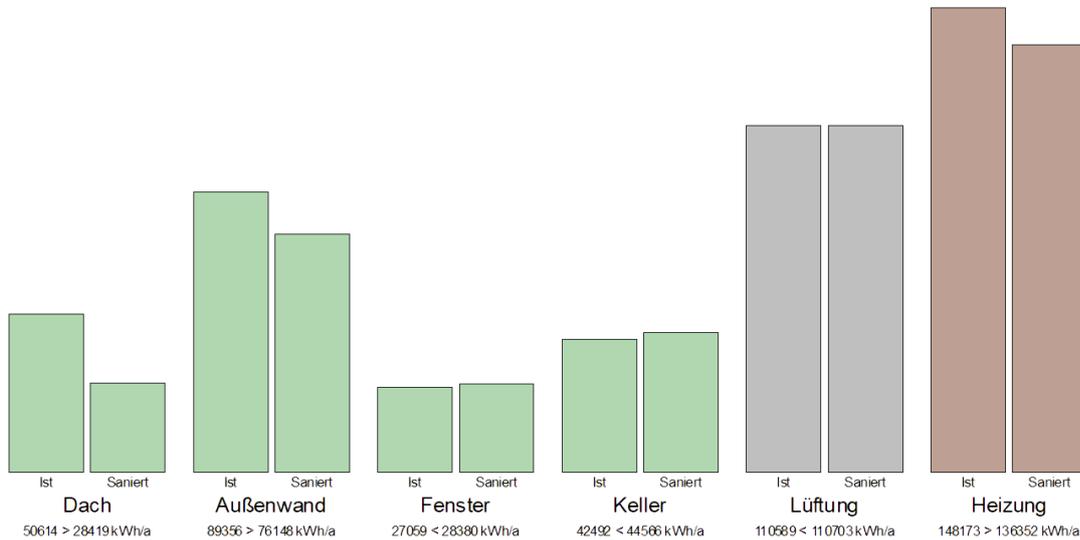
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 50.625 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

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 366.899 kWh/Jahr reduziert sich auf 326.494 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 40.405 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 9.069 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 134 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

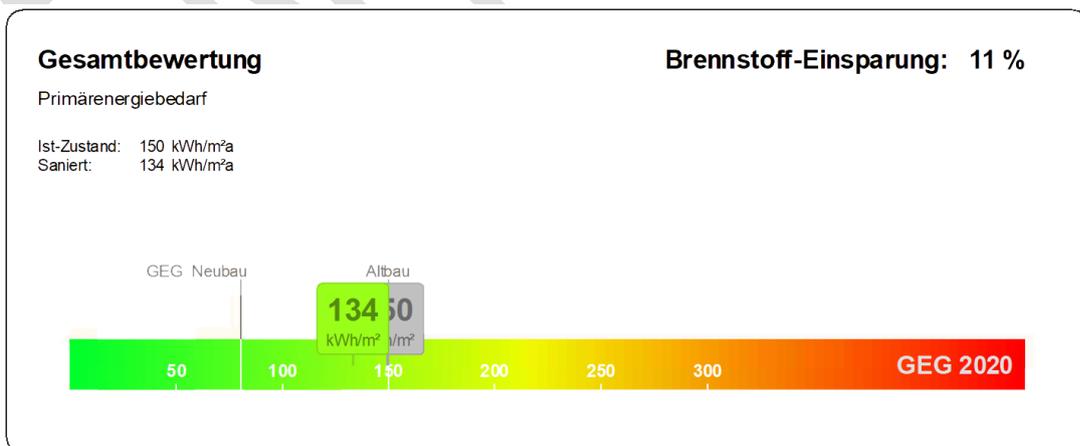


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	337.500 EUR
Mögliche Fördermittel	50.625 EUR

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

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

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	17.219	17.219
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	31.796	180.559
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	49.015	197.778
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.694	202.107
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparungen	4.329
Amortisationszeit	-	25 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 bereits nach 25 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.

4.3 SV 3: LED-BELEUCHTUNG

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

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 sieht es deutlich besser aus. Hier werden etwa 40 % der eingesetzten Energie in sichtbares Licht umgewandelt und nur 60 % in Wärme. Aus diesem Grund steigt der Wärmebedarf des Gebäudes minimal an.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Zone	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
Hallen	45	1075	48.375
Verkehrsfläche	45	203	9.135
Lager	45	204	9.180
Gesamtausgaben			66.700

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 notwendigen neuer Kabel.

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

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

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von 10.005 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (2.9)

Info	Gefördert wird innerhalb der Kommunalrichtlinie in den investiven Förderschwerpunkten 2.9 "Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung" der Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung bei Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.
Förderanteil	25 % bei Innen- und Hallenbeleuchtungen Mindestzuwendung i. H. v. 5000 €

	<i>Finanzschwache Kommunen und Antragstellende aus Braunkohlegebieten (gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020) können 40 % der förderfähigen Gesamtausgaben als Zuschuss erhalten.</i>
Fristen	<i>Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2027.</i>

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 16.675 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

ENTWURF

Energieeinsparung - Variante 3 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 366.899 kWh/Jahr reduziert sich auf 364.752 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2.147 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.248 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 146 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

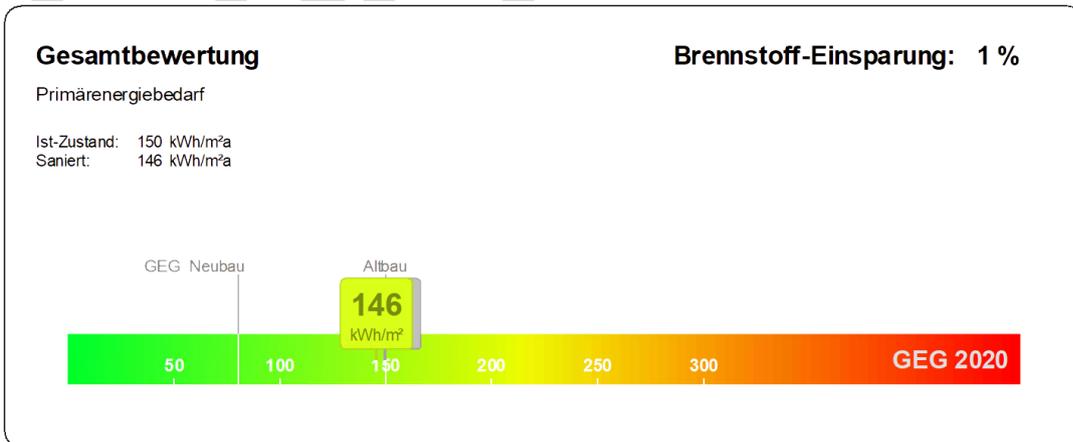


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	66.700 EUR
Mögliche Fördermittel	16.675 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 16 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	4.483	4.483
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	26.286	165.906
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	30.769	170.390
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	28.978	168.811
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	Keine Einsparung
Amortisationszeit	-	-

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 ebenfalls nicht.

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.

4.1 SV 4: HYDRAULISCHER ABGLEICH

Alle Räume der Schule werden ausgemessen und anhand der ermittelten Einstellparameter hydraulisch abgeglichen. Sollte sich herausstellen, dass die Regelventile der Heizkörper ausgetauscht werden müssen, würde dies die Kosten deutlich steigern.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

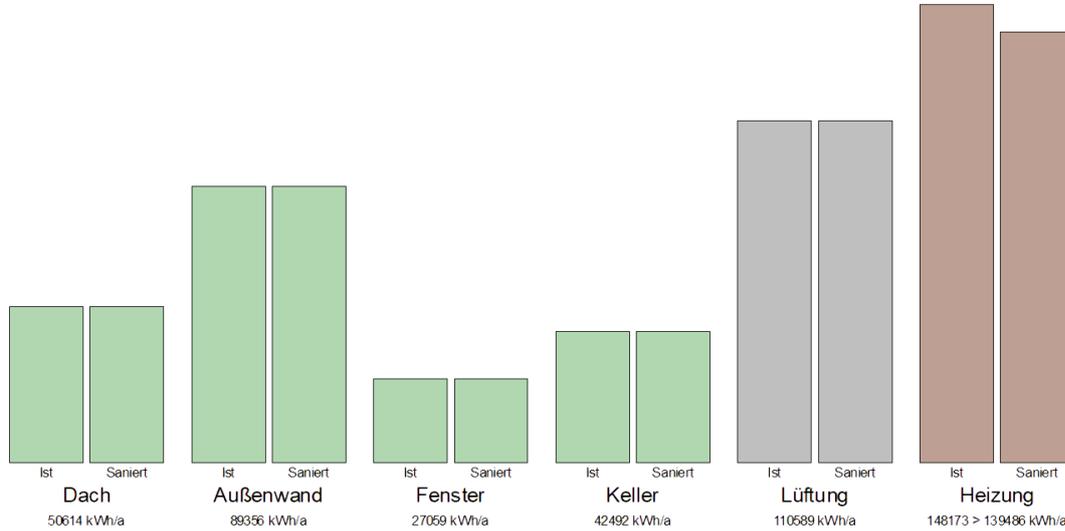
	Preis	Anzahl	Summe [€]
Hydraulischer Abgleich	(515 + 1,6*Net- togrundflä- che)*1,25	2.498 m ²	5.700
Gesamtausgaben			5.700

Die Preise für den hydraulischen Abgleich 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: Aufmaß aller Räume und Heizkörper sowie des Rohrnetzes vor Ort, Pumpenbemessung, Vorlauftemperaturberechnung, Berechnung der Einstellparameter für voreinstellbare Regelventile, Einstellung der Parameter vor Ort

Seit Oktober 2022 wird ein hydraulischer Abgleich für Nichtwohngebäude mit mehr als 1.000 m² beheizter Fläche nicht mehr gefördert.

Energieeinsparung - Variante 4 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 366.899 kWh/Jahr reduziert sich auf 358.348 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 8.551 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.914 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 146 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

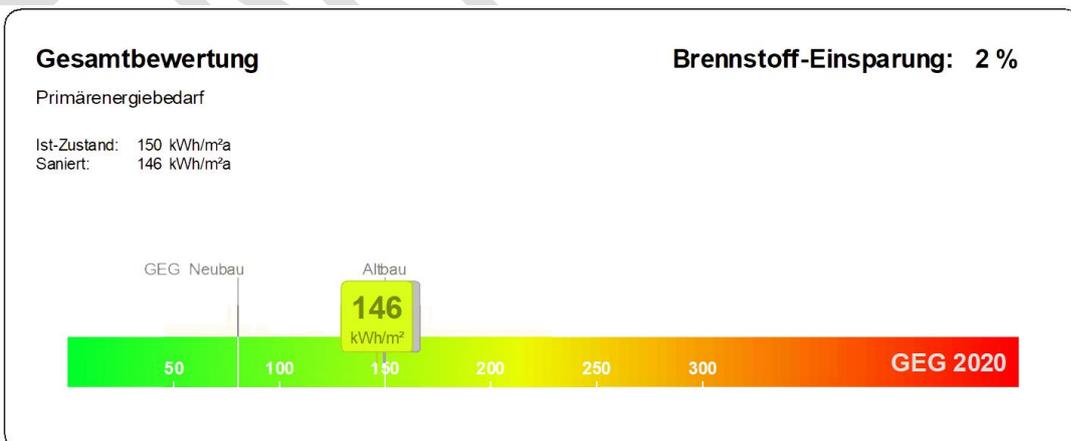


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	9.000 EUR
---------------------	-----------

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

Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 4

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	383	383
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	28.471	165.007
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	28.854	165.390
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	28.978	168.811
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	124	3.421
<i>Amortisationszeit</i>	16	3

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb von 16 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 3 Jahren.

Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels für das Gebäude, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.1 SV 5: LUFT-WASSER WÄRMEPUMPE

Anstatt der aktuellen Heizungstechnik wird eine Wärmepumpe eingesetzt. Aufgrund des mangelnden Platzes für Flächenkollektoren oder Tiefensonden wird auf eine Luft-Wasser Wärmepumpe zurückgegriffen. Für das Gebäude werden eine oder mehrere Wärmepumpen mit einer Gesamtleistung von 100 kW vorgesehen und die Vorlauftemperatur auf 55°C eingestellt. Hierdurch können bis zu 96 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Sollte diese Maßnahme in Kombination mit weiteren Maßnahmen umgesetzt werden, bei denen der Wärmebedarf gesenkt wird, kann die Leistung der Wärmepumpe niedriger ausfallen.

Eine Luft-Wasser Wärmepumpe nutzt die Energie aus der Außenluft, um das Gebäude CO₂ sparend zu beheizen. Sie entzieht der Außenluft thermische Energie und überträgt diese als Nutzwärme in das Gebäude.

Wärmepumpen laufen effizienter, je niedriger die Vorlauftemperatur eingestellt wird. Für eine sehr niedrige Vorlauftemperatur ist das Gebäude aufgrund der standardmäßigen Heizkörper aktuell jedoch nicht geeignet. Daher könnte es sich lohnen, zusätzliche Heizflächen zu schaffen. Eine Möglichkeit wäre eine Deckenheizung in einer abgehängten Decke. Bei solchen Systemen reichen Vorlauftemperaturen zwischen 26°C und 38°C. Allerdings können hierbei Kosten von bis zu 200-300€/m² Decke entstehen. Wird sich für diese Maßnahme entschieden, könnte sie eventuell gut mit Variante 4 (LED-Beleuchtung) kombiniert werden.

Da die Wärmepumpe einen erhöhten Strombedarf verursacht, ist diese Maßnahme besonders sinnvoll in Kombination mit einer PV-Anlage (vgl. Variante 6).

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet. Nicht enthalten sind etwaige Kosten für die Erweiterung des Heizungsraums oder der Schaffung einer Unterbringung der Außengeräte.

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	Einheit	Summe [€]
Luft-Wasser-Wärmepumpe	(8.850 + 820*kW)*1,25	100 kW	114.000
Gesamtausgaben			114.000

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: 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.

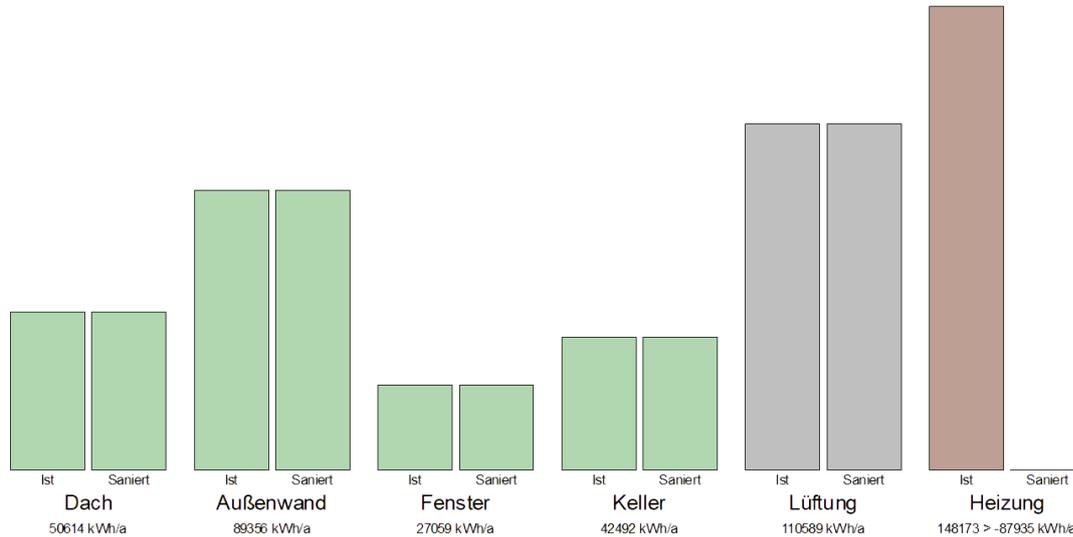
BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

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 34.200 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **64 %**. 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 366.899 kWh/Jahr reduziert sich auf 132.809 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 234.090 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 15.627 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 93 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

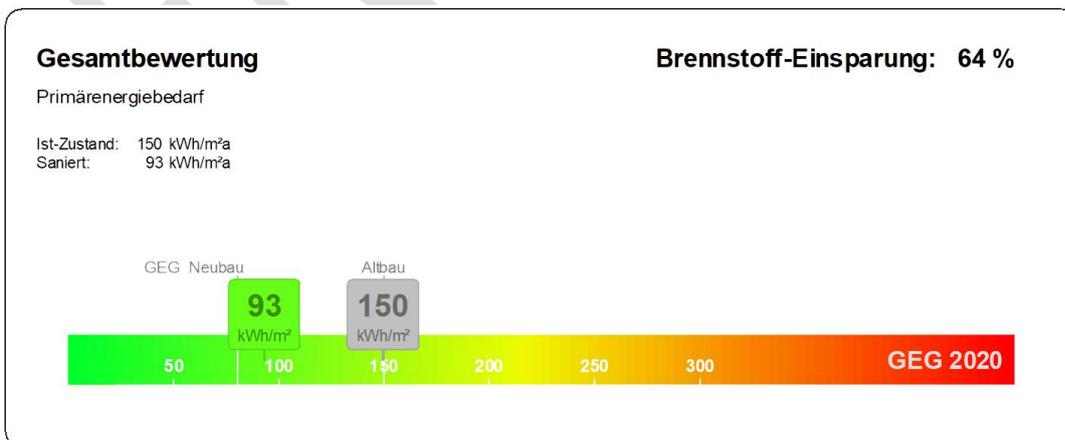


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	114.000 EUR
Mögliche Fördermittel	34.200 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 20 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	7.663	7.663
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	34.621	76.219
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	42.284	83.881
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	28.978	168.811
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	84.930
Amortisationszeit	-	2 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 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 2 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.

4.1 SV 6: PV-ANLAGE

Aufgrund des hohen Strombedarfs der Liegenschaft und der möglichen Erhöhung durch den Einbau einer Wärmepumpe, bietet sich der Einbau einer Photovoltaik-Anlage für das Gebäude an. Im Nachfolgenden sind die Berechnungen für eine Anlage mit PV-Modulen auf dem Verwaltungsgebäude mit Ost-West Ausrichtung dargestellt. Die PV-Anlage wurde angepasst an die aktuellen Strom-Verbräuche der Liegenschaft. Sollte sich der Verbrauch durch die Maßnahme SV 5 (Wärmepumpe) erhöhen, bzw. durch SV 3 (LED-Beleuchtung) verringern, sollte die PV-Anlage neu berechnet werden.



Abbildung 17 Übersichtsbild Flächen für geplante PV-Anlage

ERGEBNISSE:

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	64,74 kWp
Spez. Jahresertrag	912,19 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	92,27 %
Ertragsminderung durch Abschattung	1,0 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	59.098 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	24.393 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	34.705 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	41,2 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	27.756 kg/Jahr

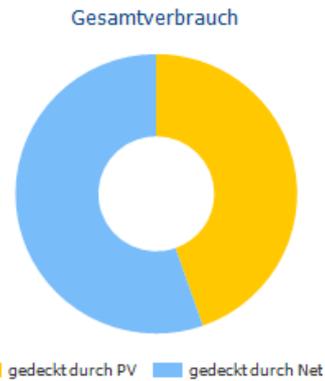
PV-Generatorenergie (AC-Netz)



■ Eigenverbrauch
■ Abregelung am Einspeisepunkt
■ Netzeinspeisung

Verbraucher

Verbraucher	54.612 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	43 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	54.655 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	24.393 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	30.262 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	44,6 %

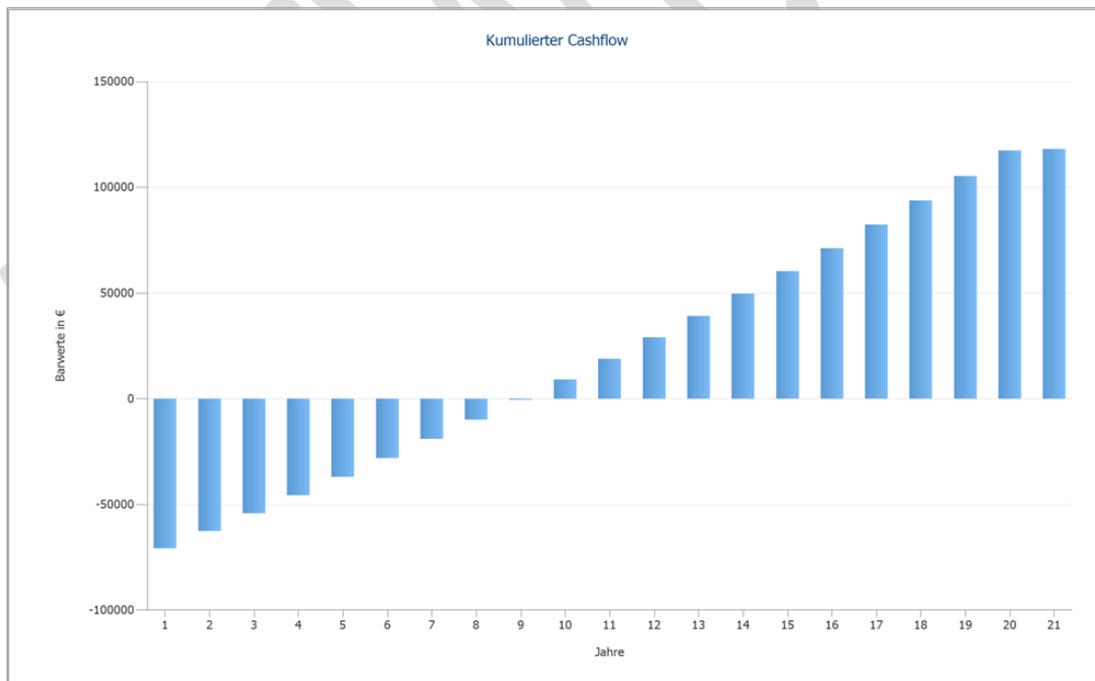


Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	54.655 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	30.262 kWh/Jahr
Autarkiegrad	44,6 %

Wirtschaftlichkeit

Gesamte Investitionskosten	78.740,00 €
Gesamtkapitalrendite	10,92 %
Amortisationsdauer	9,0 Jahre
Stromgestehungskosten	0,081 €/kWh
Bilanzierung / Einspeisekonzept	Überschusseinspeisung



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.

4.2 SV 7: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Fenster + Tore austauschen

Var. 2 – Dächer + Außenwände

Var. 3 – LED-Beleuchtung

Var. 4 – hydraulischer Abgleich

Var. 5 – Luft-Wasser Wärmepumpe

Var. 6 – PV-Anlage

kombiniert.

Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Effizienzgebäude-**Standard 70** erreicht werden.

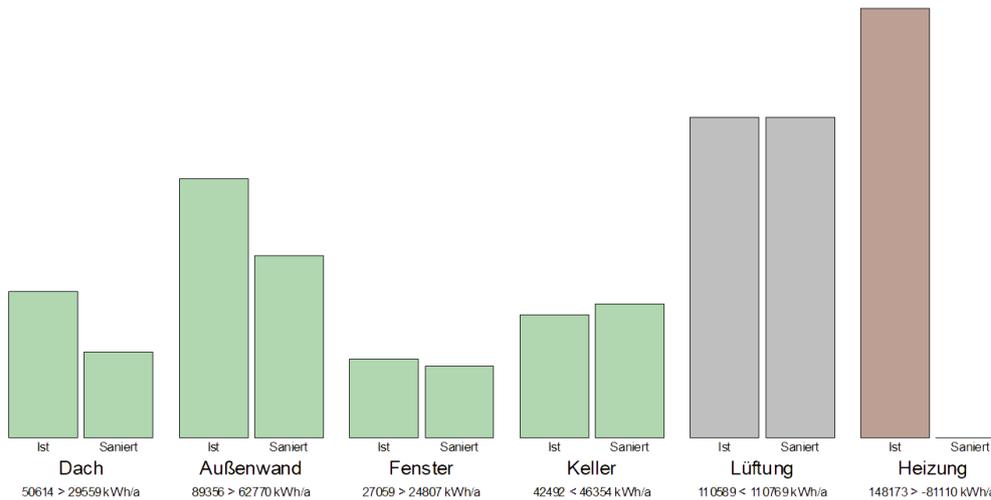
Für die Sanierung des Gebäudes zum Effizienzgebäude kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG NWG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden. Die technischen Mindestanforderungen zu dem Förderprogramm sind einzuhalten.

BEG Nichtwohngebäude – Neubau und Sanierung	
Info	Neubau und Komplettsanierungen von NWG zum Effizienzhaus auf Grundlage des GEG. Kommunen werden mit einem direkt ausbezahlten Zuschuss gefördert.
Förderhöhe Sanierung	Zuschuss für Kommunen
70	25 %
Förderkreditbetrag	Max 2.000 € pro m ² NGF (max. 30 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu **198.000 €** (Zuschuss von 25 % ohne die Kosten der PV-Anlage) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 71 %. 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 366.899 kWh/Jahr reduziert sich auf 106.317 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 260.583 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 48.967 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 50 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

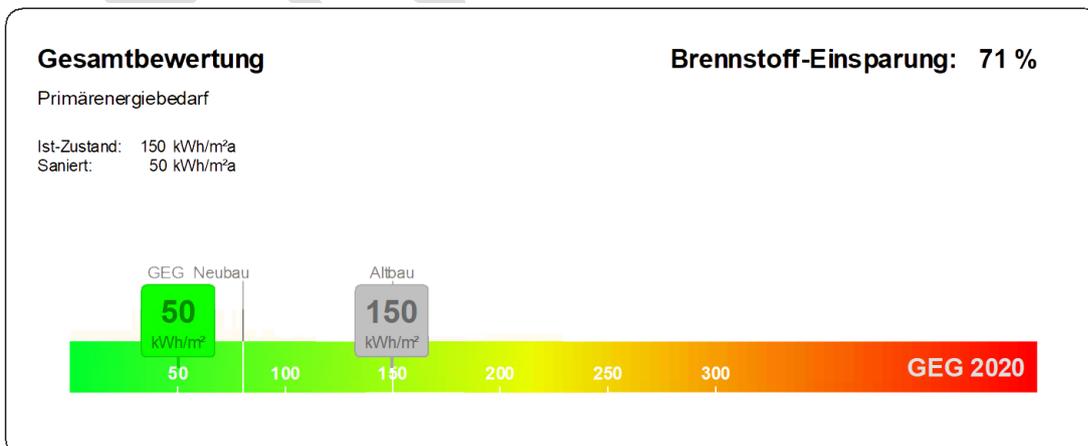


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 7

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 21 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	871.000 EUR
Mögliche Fördermittel (Summe der Einzelförderungen)	198.000 EUR

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

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

Tabelle 22 Einsparpotenzial, SV 7

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	44.438	44.438
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	18.435	58.295
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	62.873	102.732
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.694	202.107
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	99.375
Amortisationszeit	-	11 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 11 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.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Preisbremsen 2023

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

Angenommener durchschnittlicher Gaspreis 2023	15 Cent / kWh
Angenommener durchschnittlicher Strompreis 2023	41 Cent / kWh
Resultierende Energiekosten IST-Zustand	61.659 € / Jahr
Resultierende Energiekosten Maßnahmenkombination	28.423 € / Jahr
Wirtschaftlichkeitsberechnung	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	44.438
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	50.709
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	95.146
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	110.004
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	14.858
Amortisationszeit	24 Jahre

4.2.1 Effizienzgebäudebetrachtung

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Mit der Maßnahmenkombination soll der Effizienzgebäude-Standard 70 angestrebt werden. Dieser Standard wird, wie die nachfolgende Abbildung zeigt, bei der Umsetzung aller Maßnahmen erreicht. Dies ermöglicht eine Förderquote von 25%.

Das Erreichen der nächsthöheren Stufe EG 55 scheitert lediglich an den opaken Bauteilen, speziell der Bodenplatte. Sollte sich dazu entschieden werden, die Maßnahmenkombination umzusetzen, sollte der genaue U-Wert der Bodenplatte mittels Probebohrungen ermittelt werden und eventuell weitere Maßnahmen vorgenommen werden, um den EG-55 Standard zu erreichen. Dieser würde aktuell eine Förderquote von 30% ermöglichen.

Für das Erreichen der EE-Klasse muss zum einen die Bereitstellung der Energie zu mehr als 65% durch erneuerbare Energien erfolgen. Seit 2023 muss zusätzlich eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für die Aufenthalts-Zonen vorhanden sein. Dies wäre technisch nur sehr schwierig umsetzbar und voraussichtlich nicht wirtschaftlich. Daher wird die EE-Klasse nicht erreicht.

GEG- und BEG-Anforderungen

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis	Anforderungen NWG								
	Einheit	Ist-Wert	GEG		BEG-Effizienzhaus				
			Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	56,0	✓ 149,9	107,1	□ 42,8	✓ 58,9	✓ 74,9	✓ 107,1	✓ 171,3
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,24	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	✓ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,2	✓ 2,7		□ 1,0	✓ 1,2	✓ 1,4	✓ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	1,9	✓ 4,3		□ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4	✓ 3,0	
Mittlerer U-Wert opake Baut. < 19°C	W/m ² K	0,23	✓ 0,84		✓ 0,24	✓ 0,28	✓ 0,32	✓ 0,40	
Mittlerer U-Wert transp. Baut. < 19°C	W/m ² K	1,2	✓ 4,9		✓ 1,3	✓ 1,5	✓ 1,7	✓ 2,2	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln < 19°C	W/m ² K	2,3	✓ 5,5		□ 2,0	✓ 2,5	✓ 2,8	✓ 3,6	

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

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	21317	8,6
Wärmepumpen	158756	63,7

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

□ EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 72,2%

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Feuerwehrtechnischen Zentrale in Cloppenburg. Für den vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Gebäudes durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik aufgenommen, sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 6 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 64 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Wechsel des Gas-Brennwertgerätes gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 17 % gesenkt werden.

Baulich bietet die Sanierung der Dach- und Wandflächen der Fahrzeughalle 1 (SV 2) das größte Potential. Hierdurch könnte 11% der Endenergie eingespart werden, wodurch der CO₂-Ausstoß pro Jahr um mehr als 9 Tonnen sinken würde.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 78 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 65 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Hierdurch könnte außerdem der Effizienzgebäudestandard 70 erreicht werden.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen. Durch den gesenkten Endenergiebedarf der restlichen Maßnahmen kann die eingesetzte Wärmepumpe effizienter arbeiten. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem die anlagentechnischen Maßnahmen an, da sich die Gebäudehülle in einem annehmbaren Zustand befindet.

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. 31,5 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.

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 Rauminneren nach außen dringt.

Kompaktheit A/V

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

Gebäudenutzfläche A_N

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

Heizwert / Brennwert

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