



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

**FÜR DIE BERUFSBILDENDEN SCHU-
LEN (BBS) SCHEEFENKAMP**

ALTBAU

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	8
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	9
3 Ausgangssituation	10
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES	10
3.2 FOTODOKUMENTATION	11
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	12
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	18
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	18
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	19
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	21
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung	21
3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand.....	22
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	23
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	23
3.7.1 Heizungsanlage.....	23
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	23
3.7.3 Beleuchtung	23
3.7.4 Lüftungstechnik.....	24
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	24
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	24
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	25
3.8.3 Energiekosten	28
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	28
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	29
4 Sanierungsvarianten	30
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	30
4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH	31

4.3	SV 2: DACHSANIERUNG WERKSTATT E	34
4.4	SV 3: AUßENWÄNDE DÄMMEN	37
4.5	SV 4: LED-BELEUCHTUNG	40
4.6	SV 5: HYDRAULISCHER ABGLEICH	44
4.7	SV 6: LUFT-WASSER WÄRMEPUMPE.....	47
4.8	SV 7: PV-ANLAGE	51
4.9	SV 8: MAßNAHMENKOMBINATION	54
4.9.1	Effizienzgebäudebetrachtung.....	58
5	Fazit	59
6	Anhang.....	60
A.1	GLOSSAR	60

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)	10
Abbildung 2 3D-Ansicht des Gebäudes	12
Abbildung 3 Nutzungszonen	13
Abbildung 4 Grundriss KG, zониert.....	14
Abbildung 5 Grundriss EG, zониert.....	15
Abbildung 6 Grundriss OG 1, zониert (Werkstattgebäude lediglich eingeschossig, Zonierung aufgrund Deckenhöhe	16
Abbildung 7 Grundriss DG, zониert	17
Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	19
Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	20
Abbildung 10 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste.....	26
Abbildung 11 Energiebilanz des Gebäudes	26
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	27
Abbildung 13 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes	27
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	32
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	35
Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	38
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	42
Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	45
Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6	49
Abbildung 20 Übersichtsbild Flächen für geplante PV-Anlage	51
Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8	55
Abbildung 22 Berechnung des Energiebedarfs	61

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	11
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung	13
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	18
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	19
Tabelle 5 Gebäudekennwerte	21
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	24
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung	25
Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	25
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger	28
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger	28
Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie.....	28
Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	33
Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 1	33
Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	36
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 2	36
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	39
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 3	39
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	43
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 4	43
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	46
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 5	46
Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6	50
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 6	50
Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8	56
Tabelle 25 Einsparpotenzial, SV 8	56

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für den Altbau der BBS Scheefenkamp 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.

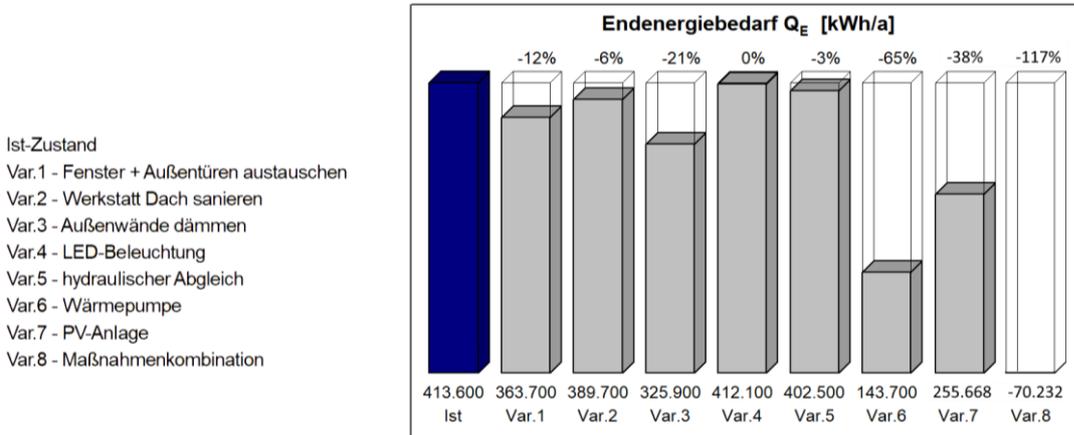
Die energetischen Berechnungen im vorliegenden Bericht wurden mit dem „Energieberater 18599 3D“ der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG¹ durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

¹ <https://www.hottgenroth.de>

2 ZUSAMMENFASSUNG

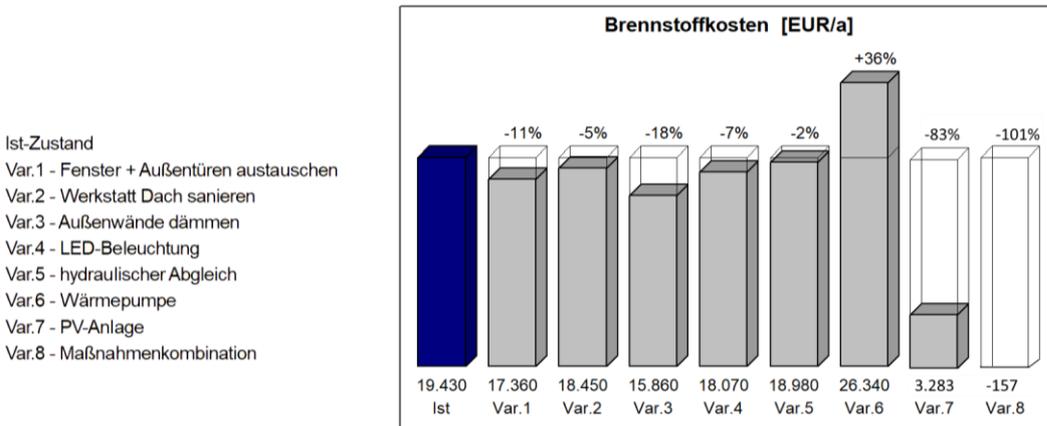
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

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

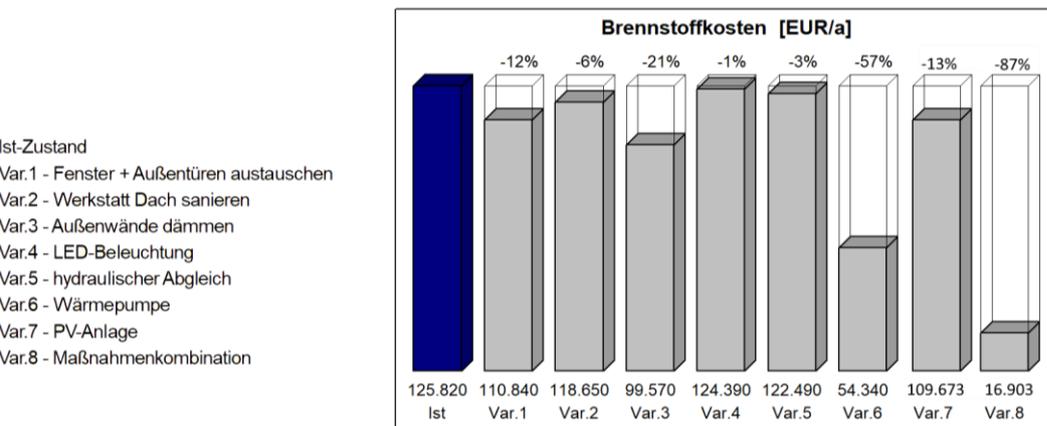


Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt. Wie in Kap. 4.4 beschrieben, führt die Wärmepumpe (Var.3) bei den Bestands-Preisen noch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

Brennstoffkosten nach alten Preisen:

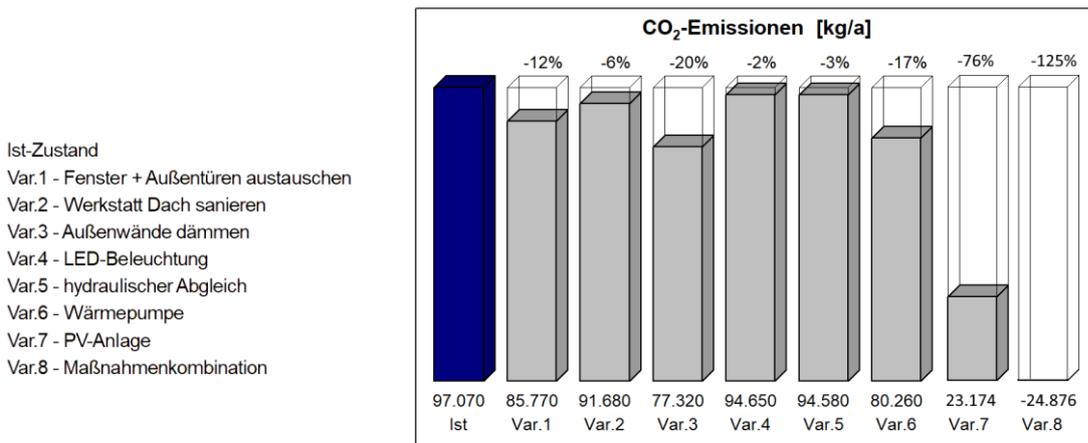
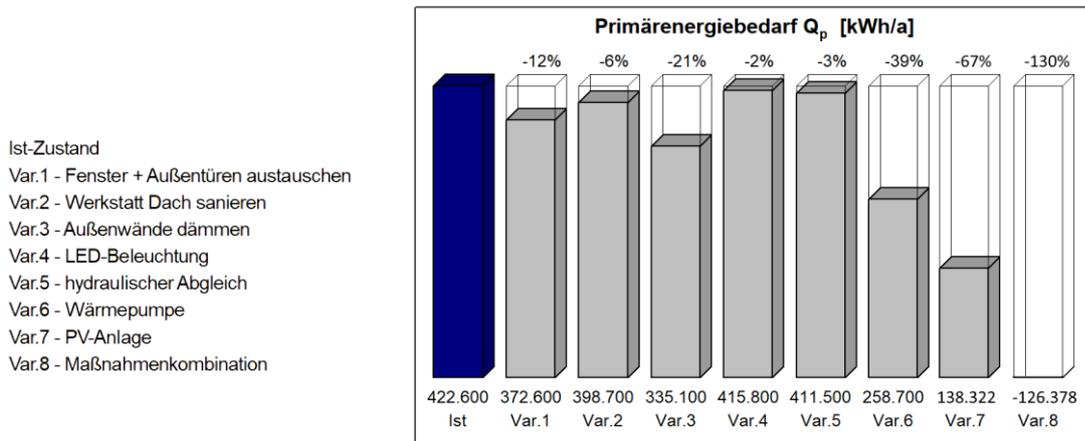


Brennstoffkosten nach neuen Preisen:



2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

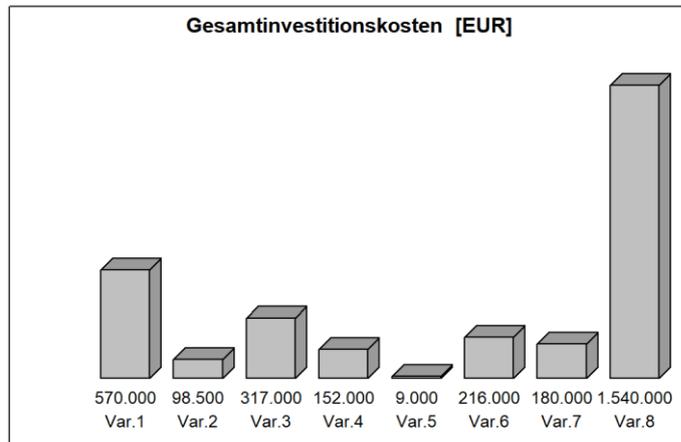
Wie in der Einleitung dieses Berichtes umrissen wird, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO₂-Ausstoß und Primärenergie. Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart 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.



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 - Fenster + Außentüren austauschen
- Var.2 - Werkstatt Dach sanieren
- Var.3 - Außenwände dämmen
- Var.4 - LED-Beleuchtung
- Var.5 - hydraulischer Abgleich
- Var.6 - Wärmepumpe
- Var.7 - PV-Anlage
- Var.8 - Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Der vorliegende Altbau der Berufsbildenden Schulen (BBS) liegt im Zentrum von Friesoythe am Scheefenkamp 30. Das Gebäude besteht aus drei Teilen, die aus unterschiedlichen Baujahren stammen. Im Zentrum liegt der unterkellerte Gebäudeteil D, in dem überwiegend Klassenräume untergebracht sind. Dieser Teil wurde bereits um 1900 errichtet und in den 1950ern erweitert. Der nördliche Gebäudeteil E wurde Ende der 1980er Jahre errichtet und bietet vor allem Platz für Werkstätten. Dieser Teil ist eingeschossig und weist in den Werkstätten Pultdächer mit Raumhöhen von bis zu 8 Metern auf. Der südliche Gebäudeteil wurde 2015 angebaut und ist ebenfalls durch Werkstätten belegt.

Die Heizungsanlage des Gebäudes wurde 2010 teilweise erneuert und wird nun über zwei Gas-Brennwertkessel versorgt, wobei einer bereits über 20 Jahre alt ist. Gebäudeteil D verfügt bereits zu großen Teilen über LED-Beleuchtung, die anderen Teile werden über T5-Röhren beleuchtet.

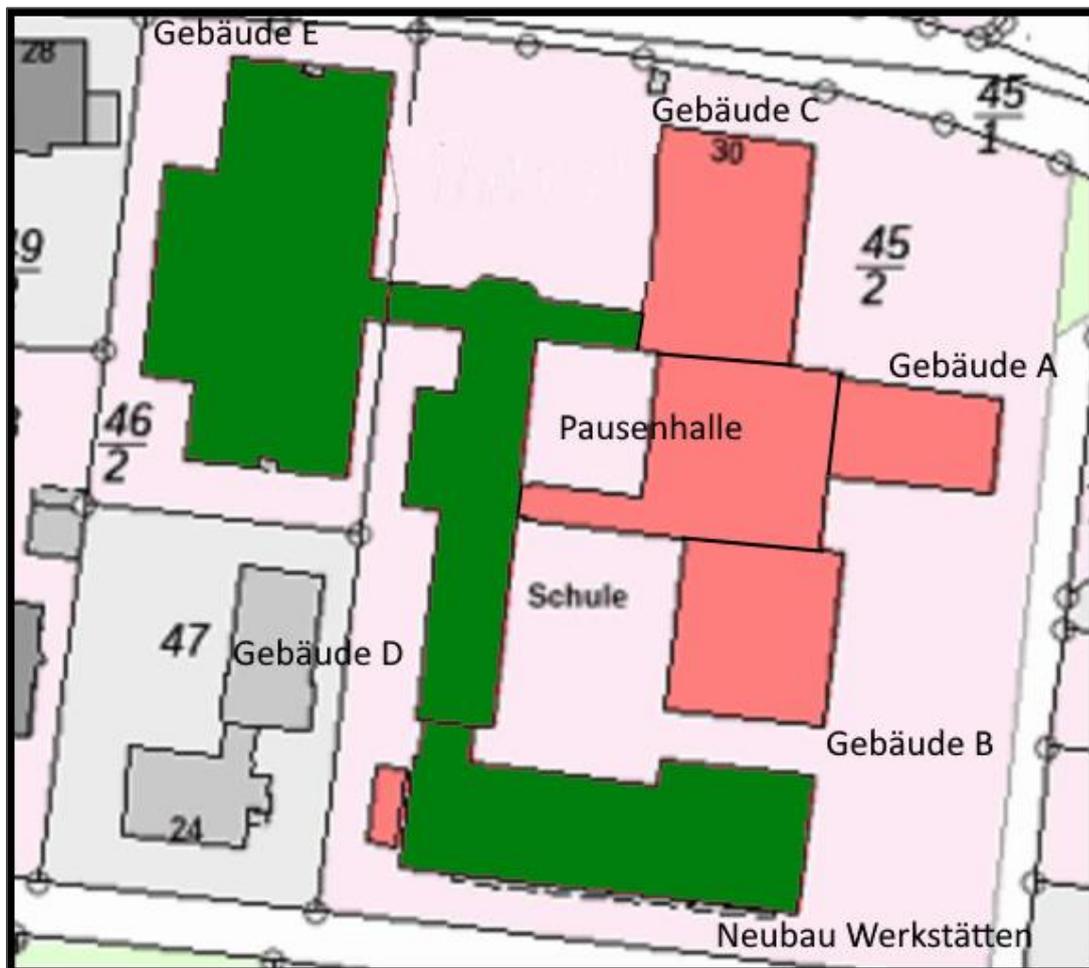


Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)

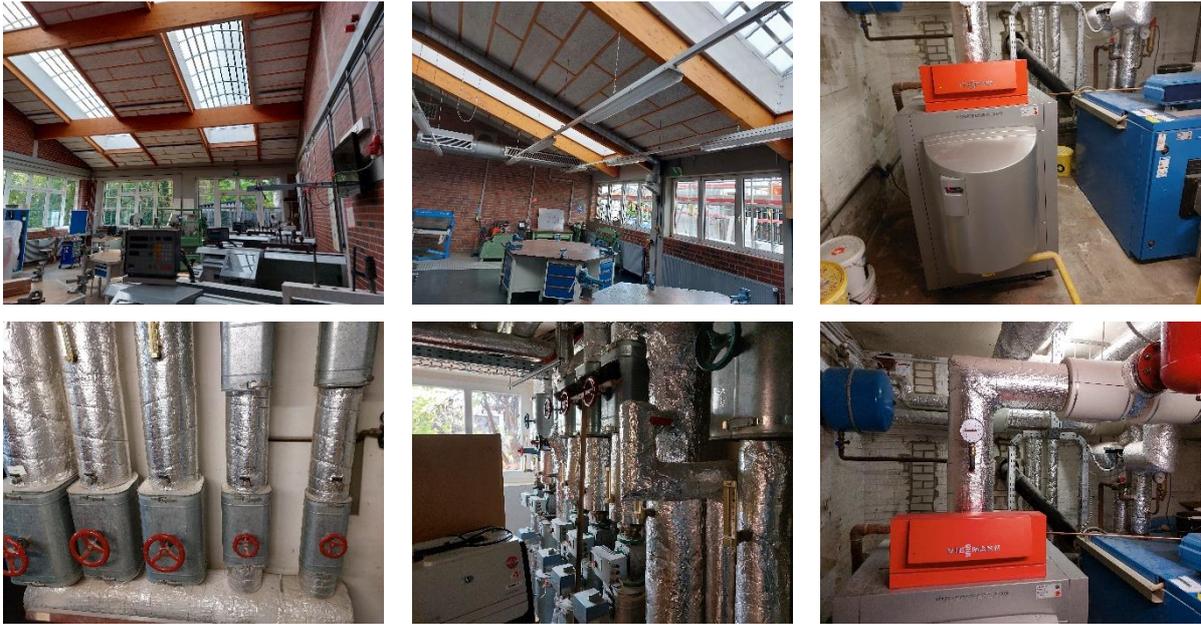
Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	BBS Scheefenkamp Altbau
Gebäudetyp	Schulgebäude
Straße, Hausnr.	Scheefenkamp 30
PLZ, Ort	26169 Friesoythe
Baujahre	1900er, 1950er, 1987, 2015
Beheiztes Gebäudevolumen V	14.042 m ³
Nettogrundfläche ANGF	3.973 m ²
Thermische Hüllfläche	8.809 m ²
Mittlere Geschosshöhe	ca. 3,50 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.

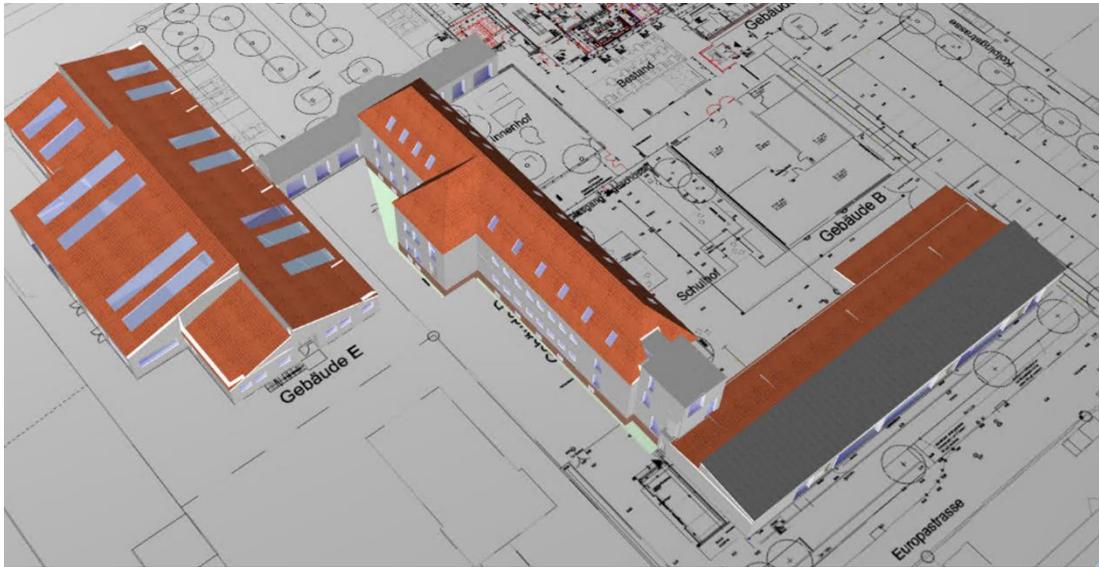


Abbildung 2 3D-Ansicht des Gebäudes

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		
Klassenzimmer	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	1.872	47,1 %
Sonstige Aufenthaltsräume	beheizt	-	LED-Leuchten Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	174	4,4 %
WC und Sanitärräume nur Abluft	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	152	3,8 %
Verkehrsfläche	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	1.343	33,8 %
Lager	beheizt	-	LED-Leuchten Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	432	10,9 %
Summe				3.973	100%

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

Zonen nach DIN V 18599	
■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
■	Verkehrsfläche
■	Sonstige Aufenthaltsräume
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Lager

Abbildung 3 Nutzungszonen

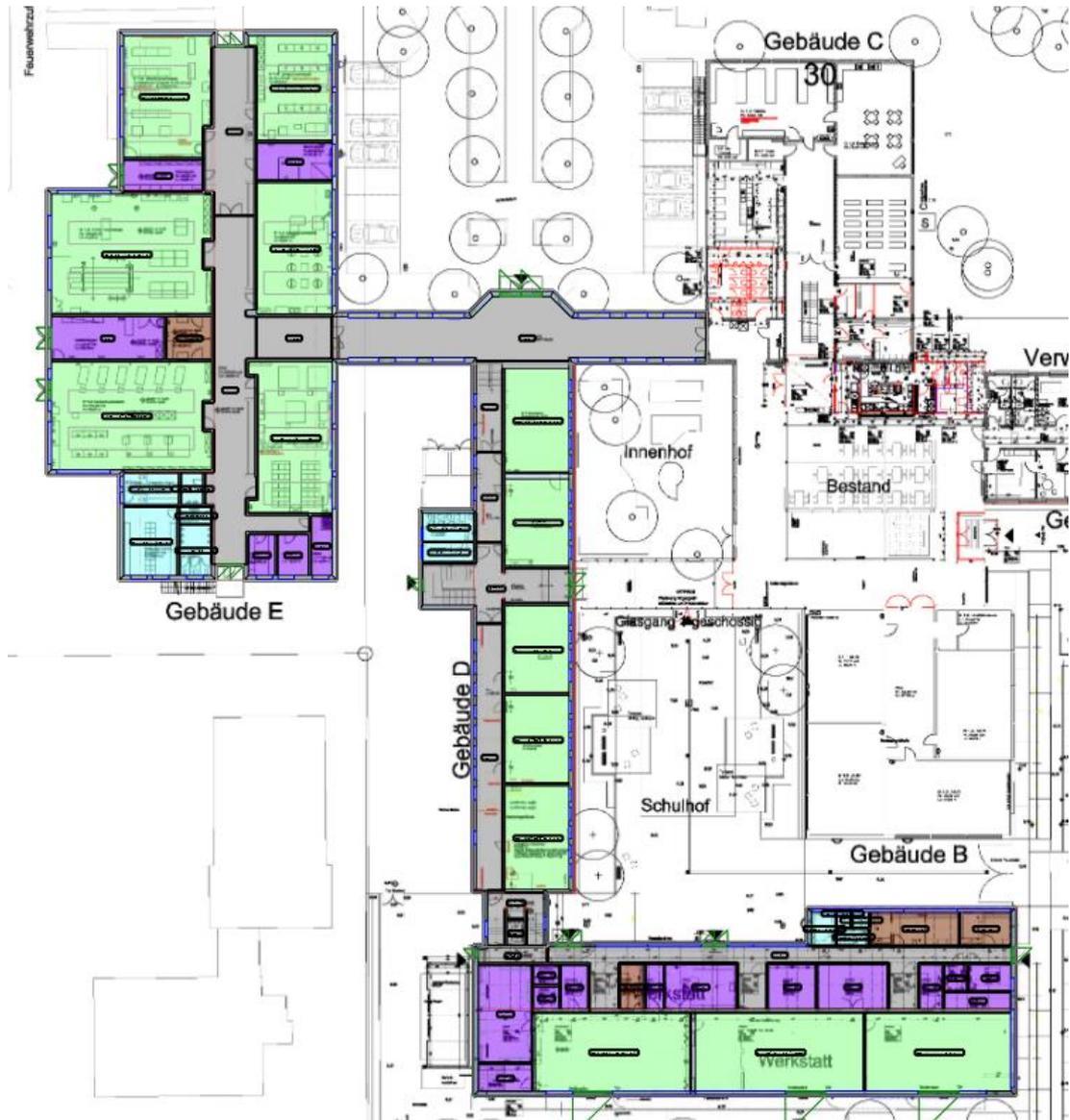


Abbildung 5 Grundriss EG, zониert

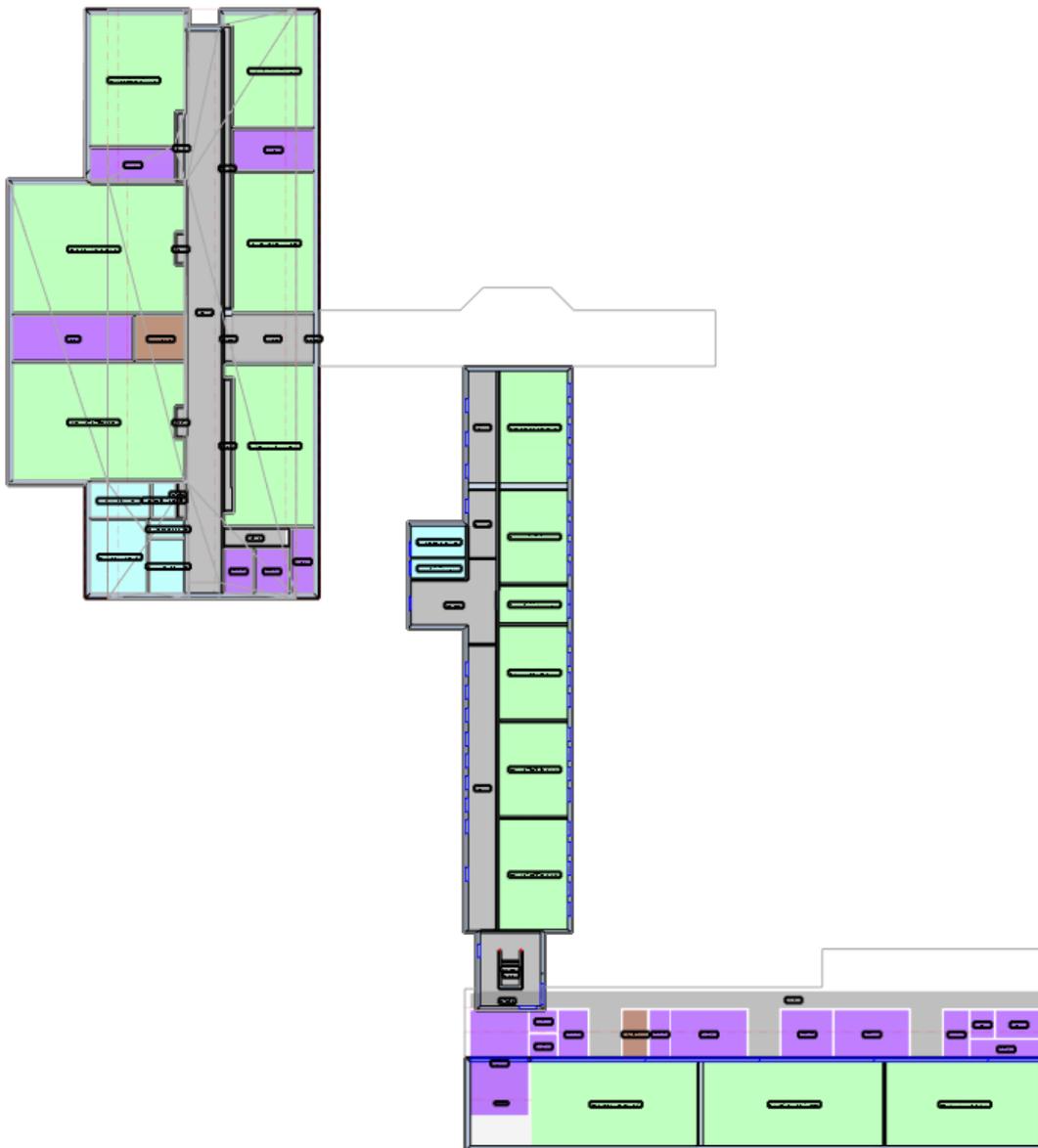


Abbildung 6 Grundriss OG 1, zoniert (Werkstattgebäude lediglich eingeschossig, Zonierung aufgrund Deckenhöhe)

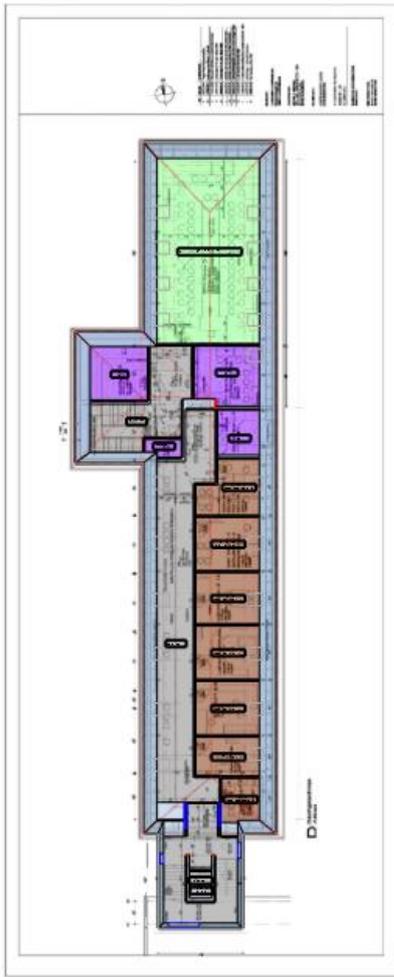


Abbildung 7 Grundriss DG, zониert

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude. Dies schließt das separat betrachtete Nebengebäude der Schule mit ein (vgl. Beratungsbericht BBS Scheefenkamp Nebengebäude).

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

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

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

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

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
<i>klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]</i>	483.015	429.036	445.664	452.572
<i>Strom [kWh/a]</i>	85.316	83.164	86.009	84.830
<i>Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]</i>	568.331	512.200	531.673	537.401
<i>Wasser [m³/a]</i>	648	499	500	549

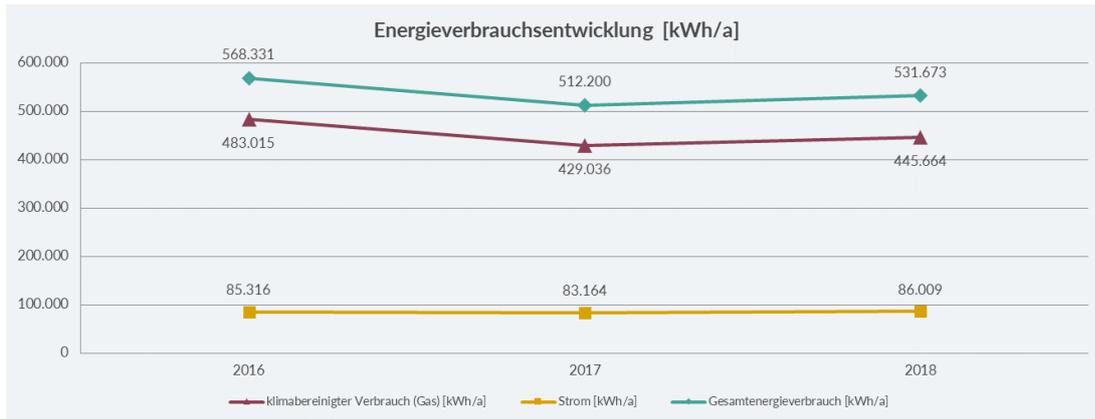


Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

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 BBS inklusive des Nebengebäudes mit insgesamt 6.187 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Schulen ohne Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	14	13
Wärme	56	73	97
Wasser	64	89	145

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)

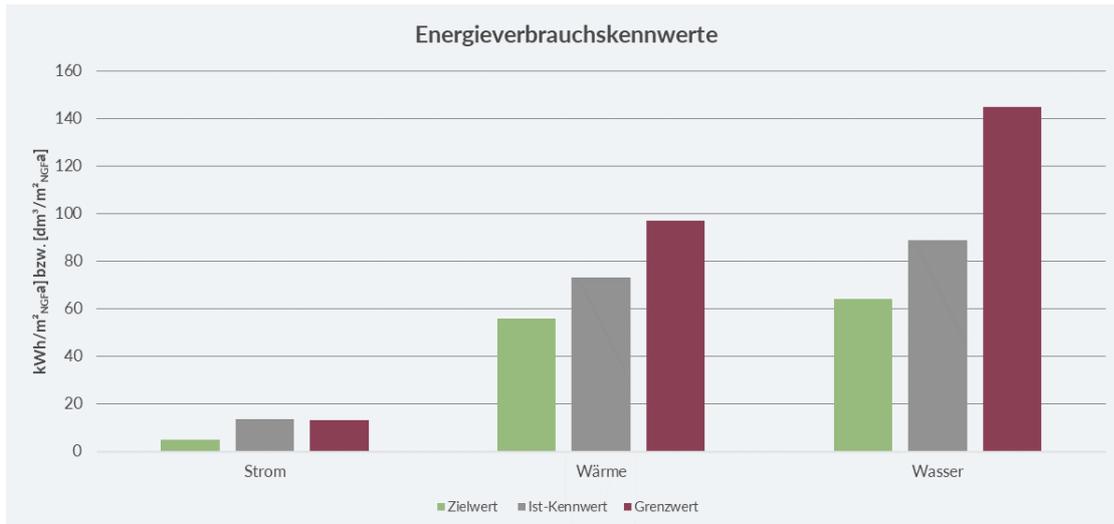


Abbildung 9 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Der Energieverbrauchskennwert für Strom ist höher als der Grenzwert. Der weitere Ausbau der LED-Beleuchtung und die Nutzung von Präsenzmeldern würde den Stromverbrauchskennwert näher an den Zielwert bringen.

Um den Wasserverbrauch zu senken, können Durchflussbegrenzer in den WC-Räumen und Sparduschköpfe für die Duschen in den Umkleidekabinen eingesetzt werden. Der Wärmeverbrauchskennwert liegt 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 Altbau D	1,20	0,30	0,25
Bodenplatte Werkstätten E	0,60	0,30	0,25
Bodenplatte Werkstätten 2015	0,26	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand Altbau D	1,30	0,24	0,20
Außenwand Werkstätten E	0,60	0,24	0,20
Außenwand Werkstätten 2015	0,16	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Altbaudach 2014 gedämmt (inkl. OGD)	0,30	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 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.

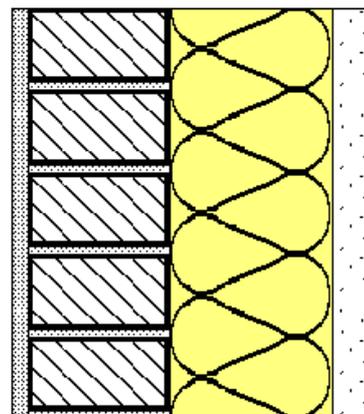
<i>Pultdächer Werkstatt E</i>	0,50	0,24	0,14
<i>Süd Dach Werkstatt 2015</i>	0,17	0,24	0,14
<i>Nord Dach Werkstatt 2015</i>	0,18	0,24	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
<i>Fenster 1987</i>	3,20	1,30	0,95
<i>Fenster 1992</i>	2,70	1,30	0,95
<i>Fenster 2014/2015</i>	1,30	1,30	0,95
<i>Lichtkuppeln 2022</i>	1,50	2,70	1,50
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
<i>Außentüren alt</i>	3,50	1,80	1,30
<i>Außentüren neu</i>	1,60	1,80	1,30

3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

Außenwand Werkstätten 2015

Nachfolgend ist der Schichtaufbau der Außenwand dargestellt

Material	Dicke (cm)	λ (W/(m*K))
Putzmörtel	2,0	0,700
Kalksandstein-Mauerwerk	17,5	0,790
Mineralische Dämmstoffe	16,0	0,035
Belüftete Luftschicht	5,0	-
Verkleidung	0,20	0,140

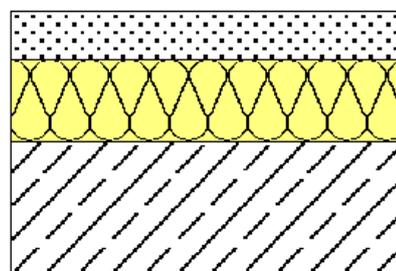


U-Wert Gesamt: 0,16 W/(m²K)

Bodenplatte Werkstätten 2015

Nachfolgend ist der Schichtaufbau des Flachdachs dargestellt

Material	Dicke (cm)	λ (W/(m*K))
Beton	20,0	2,00
Dichtungsbahn	0,05	0,170
Wärmedämmung	12,0	0,035
Estrich	7,0	1,400



U-Wert Gesamt: 0,26 W/(m²K)

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. Zur Identifizierung von bestehenden Wärmebrücken könnte eine Prüfung mittels einer Wärmebildkamera durchgeführt werden.

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung 1	<p>Gas-Brennwertkessel Viessmann Vitocrossal 200</p> <p>Energieträger Erdgas</p> <p>Baujahr 2010</p> <p>311 kW Nennleistung</p>
Erzeugung 2	<p>Heizkessel Buderus G 405</p> <p>Energieträger Erdgas</p> <p>Baujahr 1996</p> <p>210 kW Nennleistung</p> <p>hydraulischer Abgleich nicht durchgeführt</p> <p>Leitungen gedämmt</p> <p>Umwälzpumpen geregelt</p> <p>Übergabe an die Zonen über Heizkörper</p>

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt dezentral und elektrisch. Da der tägliche Nutzenergiebedarf für Warmwasser jedoch unter 0,2 kWh je Person beträgt, wird der Warmwasserbedarf in der Bilanzierung vernachlässigt.

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt überwiegend durch Leuchtstoffröhren. Die Klassenräume und Flure im Altbau verfügen bereits über LED-Leuchten (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

Der EDV-Unterrichtsraum im DG des Altbaus verfügt über eine Lüftungsanlage aus dem Jahr 2017 mit Wärmerückgewinnung und einem Volumenstrom von 1.200 m³/h.

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)]	
<i>spez. Endenergiebedarf Heizung</i>	192,32
<i>Endenergiebedarf Warmwasser</i>	-
<i>Beleuchtungsstrom</i>	3,92
<i>Strom für die Lüftungsanlagen</i>	0,42

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.

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

Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

Energiebedarfskennwerte des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	101,13
Endenergiebedarf Warmwasser	-
Beleuchtungsstrom	2,65
Strom für die Lüftungsanlage	0,32

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

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

3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

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

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

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

Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	61.367	15,9
Außenwand	131.897	12,8
Fenster	122.797	59,3
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	54.639	12,0
Gesamt	370.700	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	67.731	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt	116.337	100,0

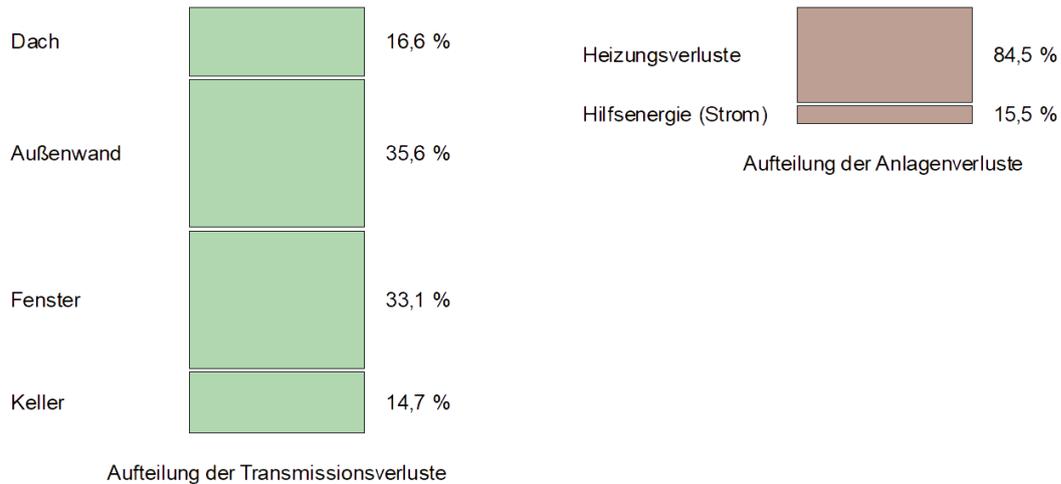


Abbildung 10 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

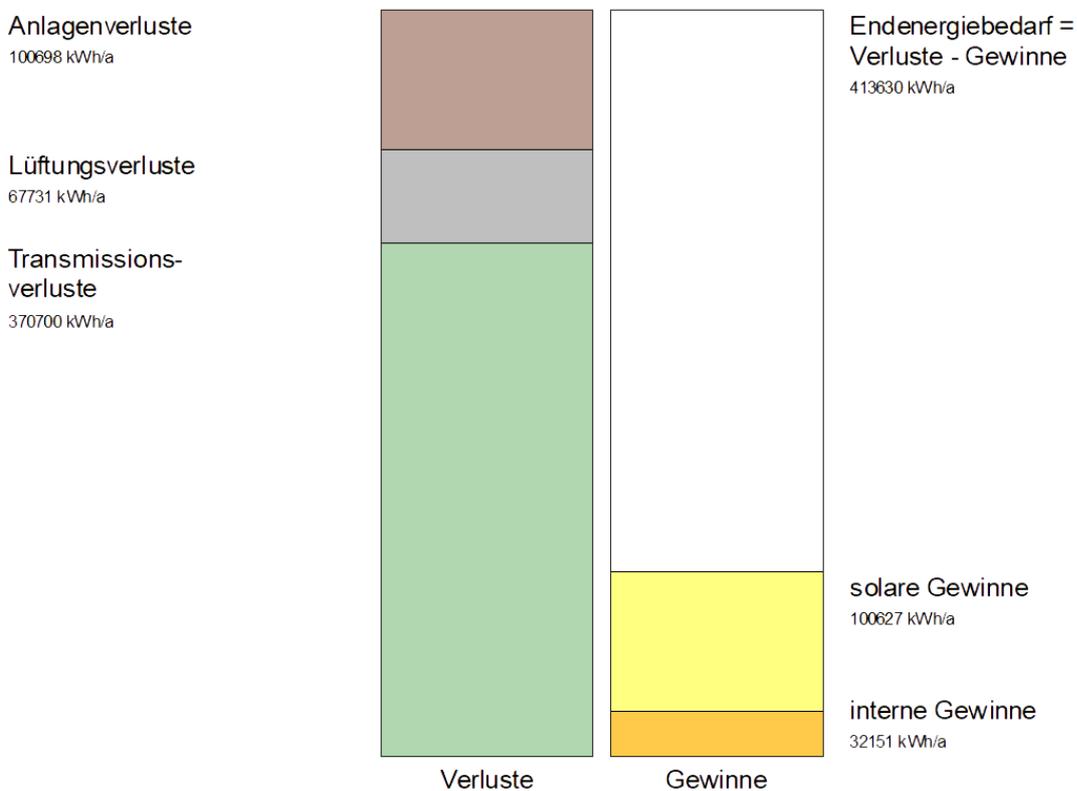


Abbildung 11 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser 106 kWh/m²a.

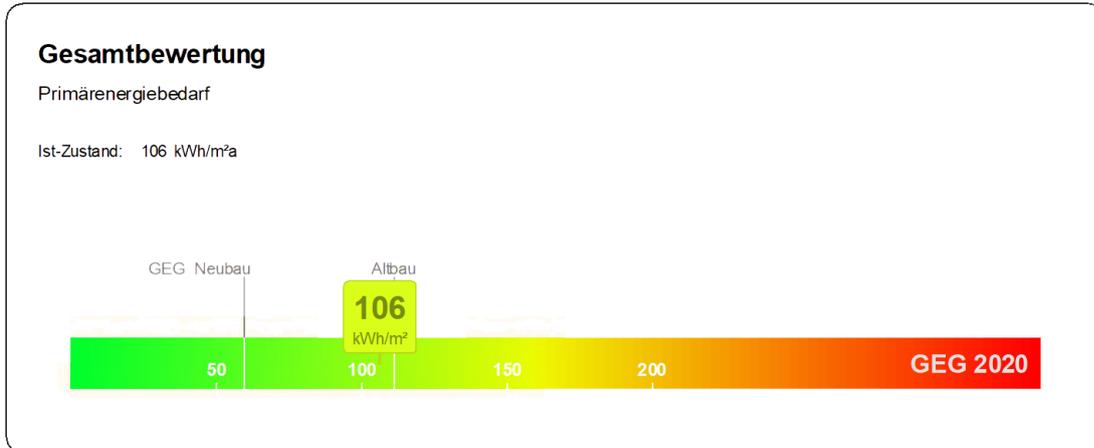


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand des Gebäudes ist dem Baualter entsprechend mittelmäßig. 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.

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 ² a	199,6	<input type="checkbox"/> 159,0	113,5	<input type="checkbox"/> 45,4	<input type="checkbox"/> 62,5	<input type="checkbox"/> 79,5	<input type="checkbox"/> 113,5	<input type="checkbox"/> 181,7
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,48	<input checked="" type="checkbox"/> 0,56		<input type="checkbox"/> 0,18	<input type="checkbox"/> 0,22	<input type="checkbox"/> 0,26	<input type="checkbox"/> 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	2,2	<input checked="" type="checkbox"/> 2,7		<input type="checkbox"/> 1,0	<input type="checkbox"/> 1,2	<input type="checkbox"/> 1,4	<input type="checkbox"/> 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	2,6	<input checked="" type="checkbox"/> 4,3		<input type="checkbox"/> 1,6	<input type="checkbox"/> 2,0	<input type="checkbox"/> 2,4	<input checked="" type="checkbox"/> 3,0	

Abbildung 13 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes

Aus Abbildung 13 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.

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.

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

Empfohlene Sanierungsvarianten:

- Var. 1 – Fenster- und Türentausch
- Var. 2 – Dachsanierung Werkstatt E
- Var. 3 – Außenwände dämmen
- Var. 4 – LED-Beleuchtung
- Var. 5 – hydraulischer Abgleich
- Var. 6 – Luft-Wasser Wärmepumpe
- Var. 7 – PV-Anlage
- Var. 8 – Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 8) kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden. Für Details siehe Kap. 0.

4.2 SV 1: FENSTER- UND TÜRENTAUSCH

Ein Großteil der Fenster des Gebäudes stammen aus den Jahren 1987 und 1992 und weisen daher keine gute Wärmedämmeigenschaften auf und sollten erneuert werden. Der aktuelle U_w -Wert für Fenster nach dem GEG beträgt $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ anzusetzen.

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

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

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	370	444.000
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Holz-Fenster inkl. Einbau	551,51		
Einzelfenster Holz gesamt	600	41	24.600
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
Außentüren	2.150	43	92.500
Rolltore Rückbau	37,47		
Rolltore inkl. Einbau	753,68		
Rolltore	800	12	9.600
Gesamtausgaben			570.000

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

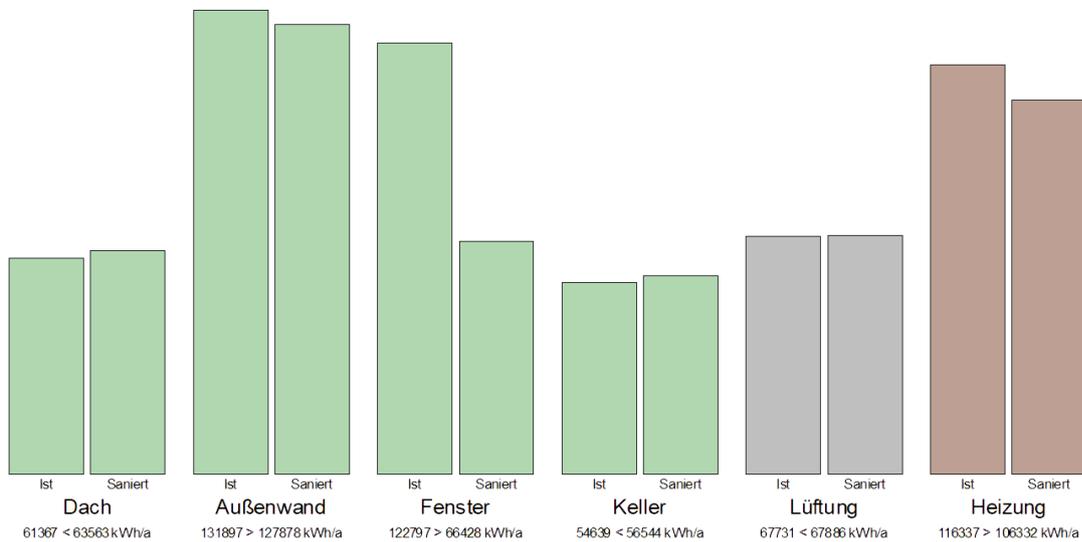
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 85.500 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **12 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 413.630 kWh/Jahr reduziert sich auf 363.657 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 49.973 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 10.998 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 94 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.

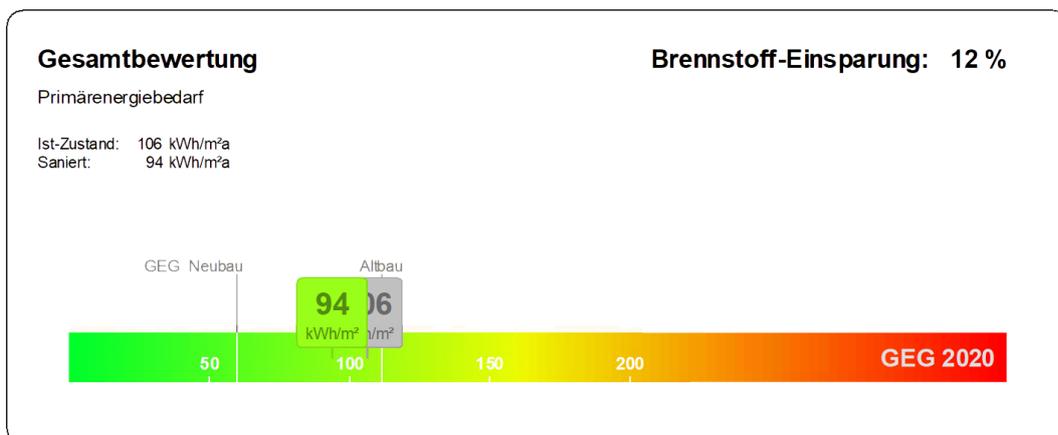


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	570.000 EUR
Mögliche Fördermittel	85.500 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>	29.081	29.081
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	30.980	197.752
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	60.061	226.833
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	34.657	224.479
<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.

4.3 SV 2: DACHSANIERUNG WERKSTATT E

In dieser Variante werden die Pultdächer der Werkstätten E erneuert und nachträglich gedämmt.

Aufgrund der hohen Lufträume und den großen, offenen Holzbalken, scheint eine Zwischensparrendämmung von unten eine einfach umzusetzende Maßnahme zu sein. 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 eine gewählte Dämmstoffdicke von 20cm mit einem Lambda-Wert von $0,040 \text{ W}/\text{mK}$ erreicht.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	Einheit	Summe [€]
Dämmung zwischen/unter den Sparren von innen	$(75\text{€}\cdot\text{m}^2)\cdot 1,25$	1.050 m^2	98.500
Gesamtausgaben			98.500

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: Baustelleneinrichtung (Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen), Lieferung aller Materialien, notwendige Teilabbrüche im Dachraum inkl. Entsorgung, Vorbereitungen, Anbringung Dämmmaterial, gegebenenfalls Luftdichtungsbahnen/Dampfbremsen, Befestigungen, Anschlüsse, Herstellung Dachuntersicht (Trockenbauweise), Sicherungssysteme, Schneefanggitter, Lohnkosten

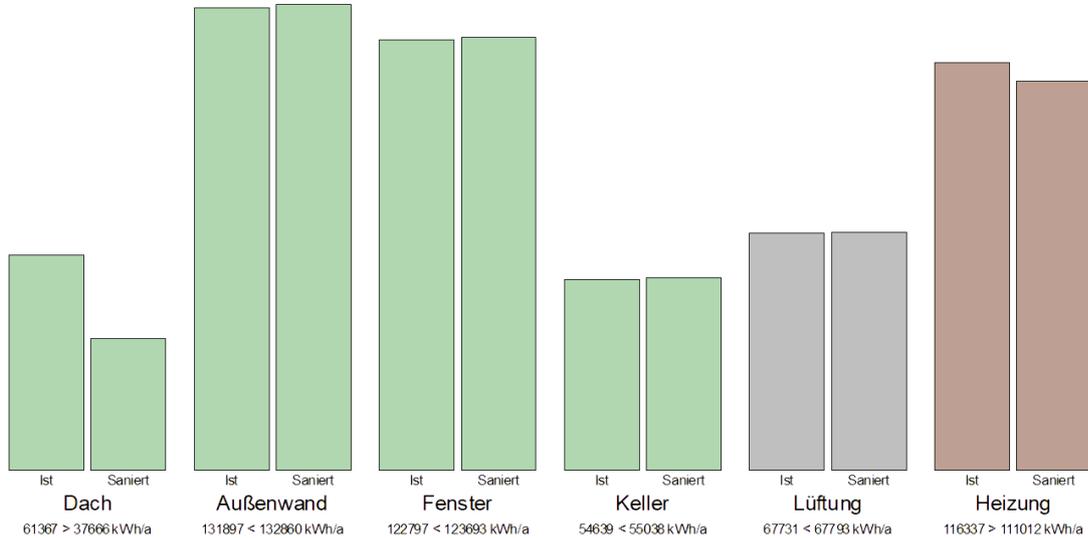
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 14.775 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

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 413.630 kWh/Jahr reduziert sich auf 389.269 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 24.361 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5.331 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 100 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.

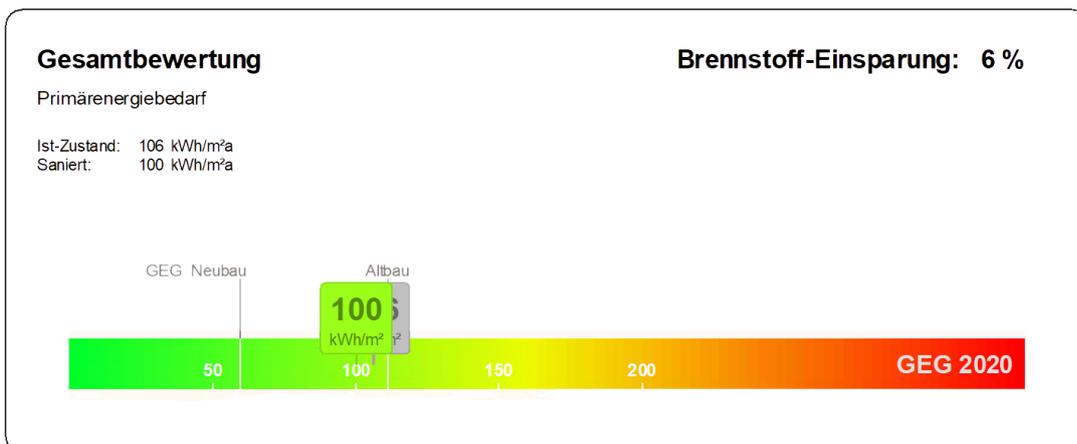


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	98.500 EUR
Mögliche Fördermittel	14.775 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	5.025	5.025
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	32.924	211.683
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	37.950	216.708
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.657	224.479
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	7.771
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. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 13 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.

4.4 SV 3: AUßENWÄNDE DÄMMEN

In dieser Variante werden die Außenwandflächen der Gebäude D und E erneuert und nachträglich gedämmt.

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
Außenwand WD auf alten Klinker	180	1.763	317.000

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

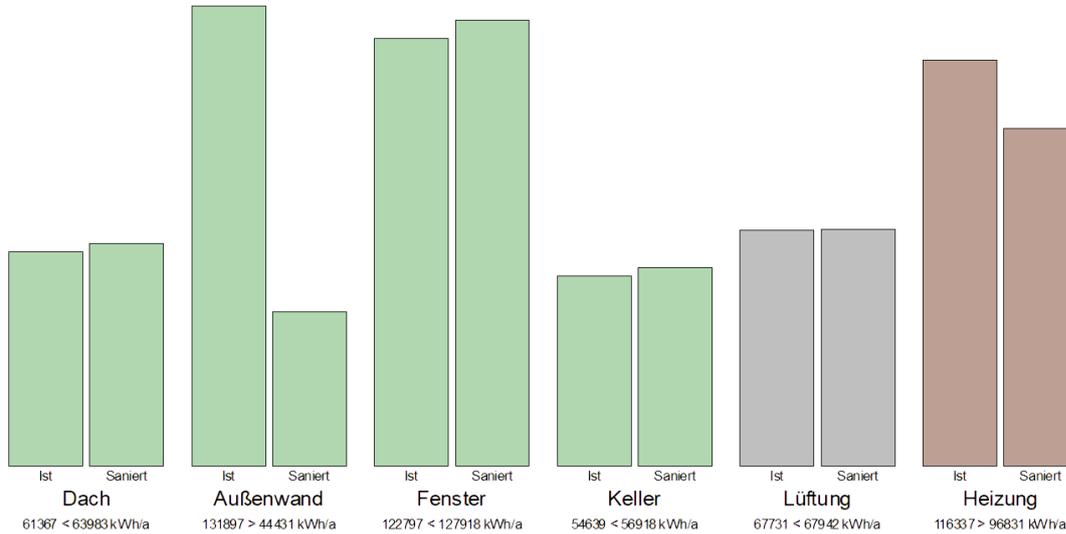
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 47.550 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **21 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 413.630 kWh/Jahr reduziert sich auf 325.903 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 87.727 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 19.209 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 84 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.

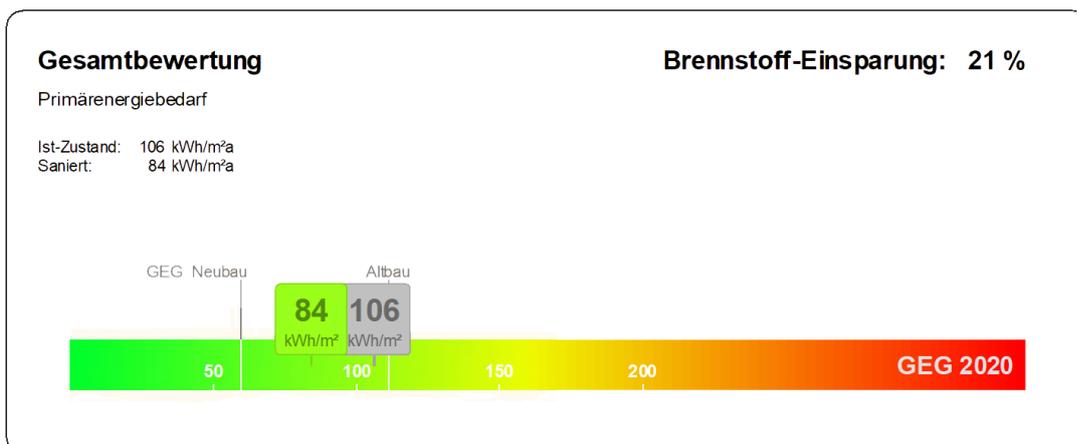


Abbildung 16 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	317.000 EUR
Mögliche Fördermittel	47.550 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	16.173	16.173
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	28.304	177.643
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	44.477	193.816
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.657	224.479
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	30.663
Amortisationszeit	-	12 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 12 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.

4.5 SV 4: LED-BELEUCHTUNG

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

Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die 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 ist ein Werkraum in der Werkstatt E abgebildet, der aktuell durch 12 Leuchten mit je 2 Leuchtstoffröhren mit jeweils 58W beleuchtet wird. Wie die Berechnung zeigt, könnte dieser Raum ebenfalls durch 9 LED-Leuchten mit je 27W ausreichend beleuchtet werden. Hierdurch kann der benötigte Strom mehr als halbiert werden. Durch intelligente Sensorik, wie Präsenzmelder und Tageslichtsensoren, kann die Einsparung noch erhöht werden.

Lichtrechner

Leuchte

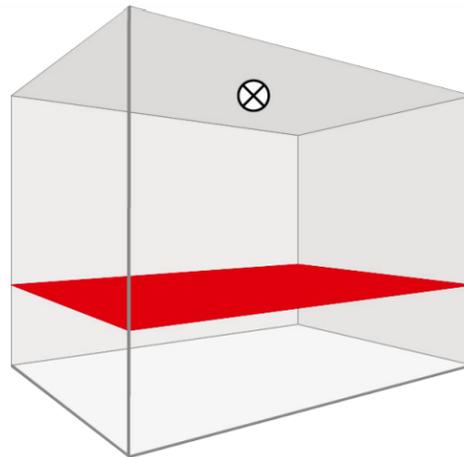
Montageart: Anbau
Leuchtenlichtstrom: 4.000 lm

Nutzebene

Höhe über Boden: 0,75 m
Beleuchtungsstärke: 300 lx
Randbereich von 0,5 m: Ja

Raum

Maße: 12,39 x 7 x 4 m
Reflexionsgrad: 70/50/20
Wartungsfaktor: 0,8



Ergebnis Ihrer Berechnung

Anzahl der Leuchten	Beleuchtungsstärke
9 8,07 exakter Wert	334lx

Spezifischer Anschlusswert
2,8 W/m ² 0,8 W/m ² /100lx

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Zone	Preis [€/m²]	Fläche	Summe [€]
Klassenzimmer	80	936	74.880
WC und Sanitär	90	152	13.680
Verkehrsfläche	45	672	30.240
Lager	45	432	19.440
Sonstige Aufenthaltsräume	80	174	13.920
Gesamtausgaben			152.000

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 raumlufttechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
Förderanteil	15 %
Antragsberechtigigt	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 22.800 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

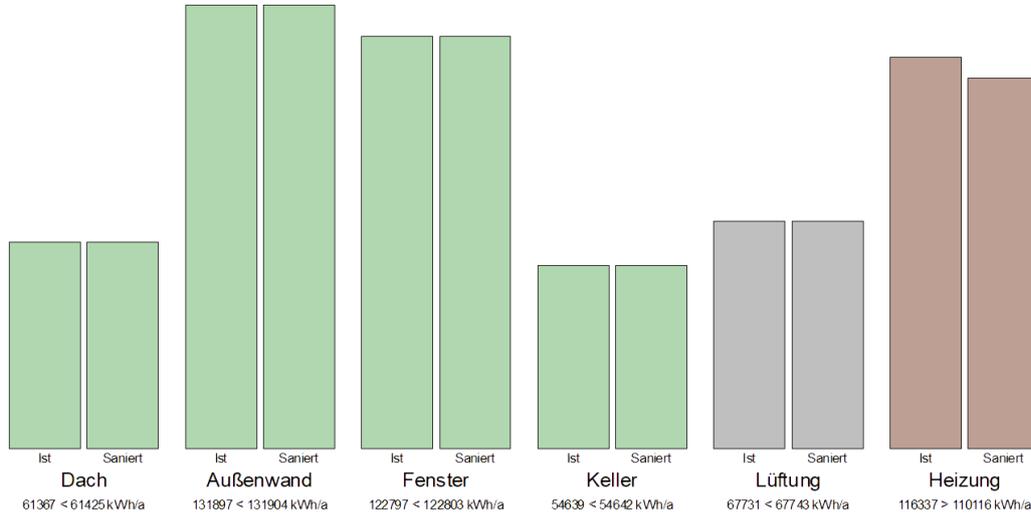
Kommunalrichtlinie - Beleuchtungsanierung (2.9)

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

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 38.000 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes 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 413.630 kWh/Jahr reduziert sich auf 412.149 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 1.481 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.561 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 105 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.

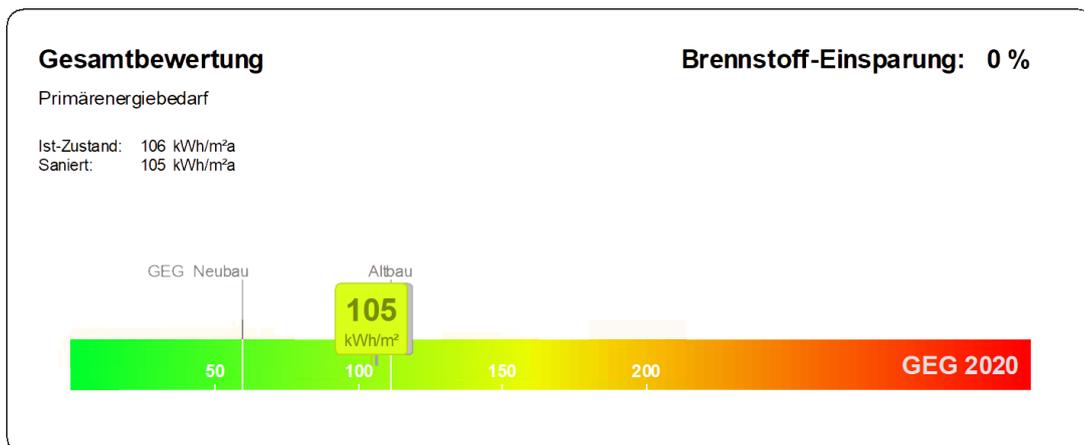


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	152.000 EUR
Mögliche Fördermittel	38.000 EUR

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

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

Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 4

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	10.217	10.217
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	26.929	185.360
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	37.146	195.577
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	28.947	187.498
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>Keine Einsparung</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>-</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 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.

4.6 SV 5: 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.

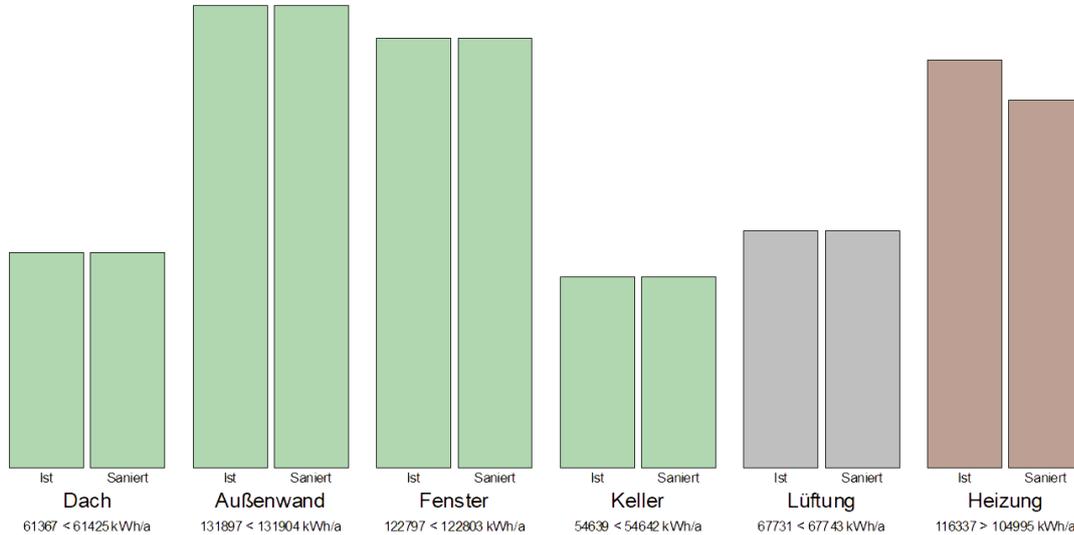
	Preis	Anzahl	Summe [€]
Hydraulischer Abgleich	(515 + 1,6*Net- togradfläche)*1,25	3.973 m ²	9.000
Gesamtausgaben			9.000

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 5 -

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 413.630 kWh/Jahr reduziert sich auf 402.465 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 11.165 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.424 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 104 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.

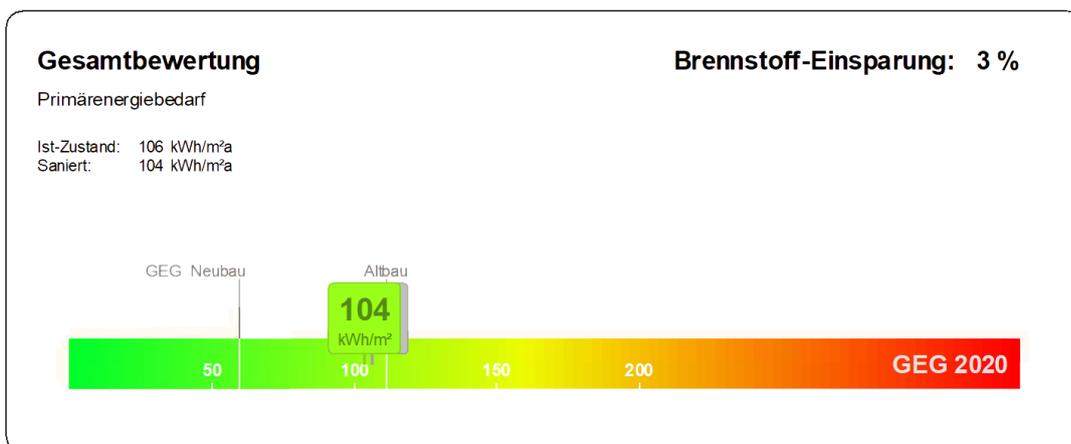


Abbildung 18 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

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 21 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	605	605
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	28.290	182.529
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	28.895	183.133
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	28.947	187.498
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	52	4.365
<i>Amortisationszeit</i>	19	3

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb von 19 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.

4.7 SV 6: 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 150 kW vorgesehen und die Vorlauftemperatur auf 55°C eingestellt. Hierdurch können bis zu 85 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Da über die Heizzentrale des Hauptgebäudes ebenfalls das Nebengebäude versorgt wird, sollte die Wärmepumpe bei einer Umsetzung etwas größer dimensioniert werden. Daher wird im Folgenden mit einer Wärmepumpe mit einer Leistung von 200kW gerechnet. 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 7).

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet. Nicht enthalten sind etwaige Kosten für die Erweiterung des Heizungskellers 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	200 kW	216.000
Gesamtausgaben			216.000

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.

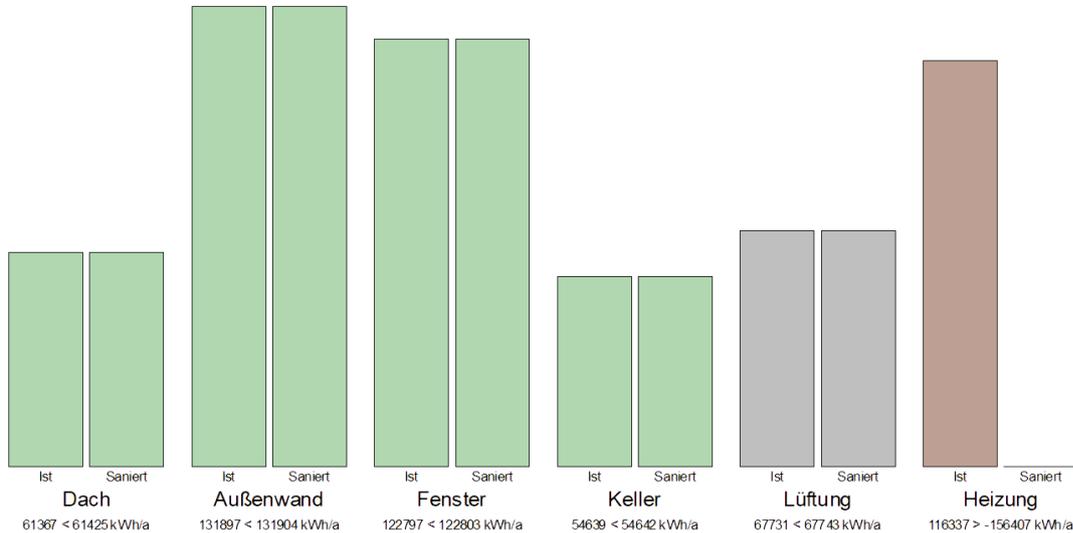
BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

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 64.800 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **65 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 413.630 kWh/Jahr reduziert sich auf 143.723 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 269.907 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 14.325 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 65 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.

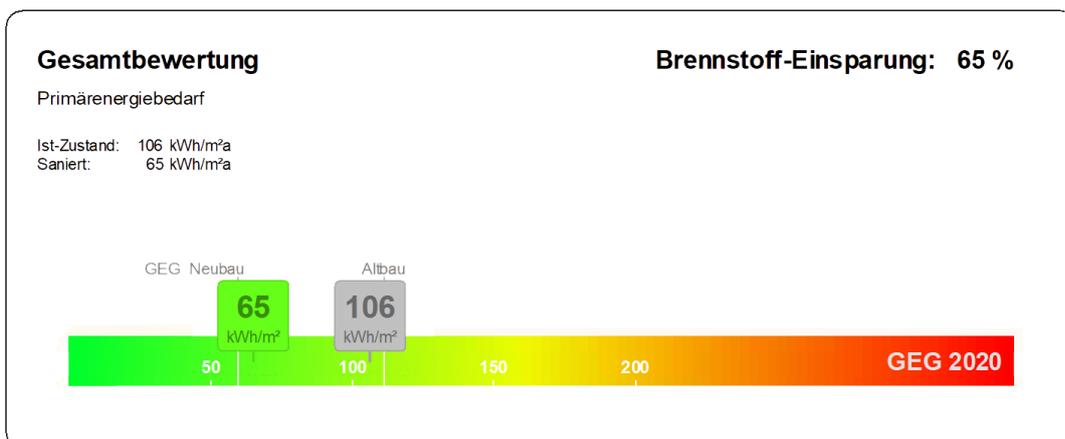


Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 6

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	216.000 EUR
Mögliche Fördermittel	64.800 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

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	14.519	14.519
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	39.245	80.973
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	53.764	95.492
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	28.947	187.498
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	92.006
Amortisationszeit	-	3 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 3 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.

4.8 SV 7: 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 Werkstatt Neubau (Süd-Ausrichtung), sowie Teilen der Flachdächer des Nebengebäudes (Ost-West-Ausrichtung) dargestellt. Die PV-Anlage wurde angepasst an die aktuellen Strom-Verbräuche der Liegenschaft. Sollte sich der Verbrauch durch die Maßnahme SV 3 (Wärmepumpe) erhöhen, bzw. durch SV 4 (LED-Beleuchtung) verringern, sollte die PV-Anlage neu berechnet werden.

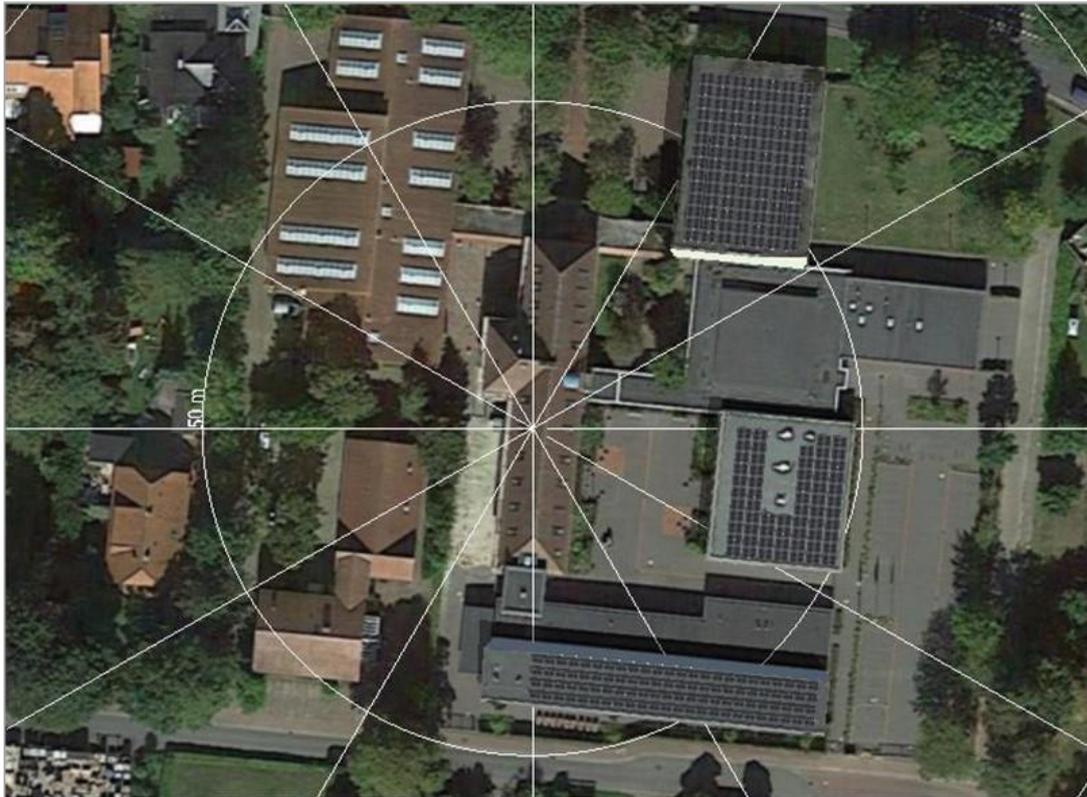


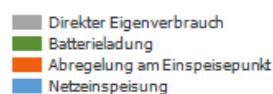
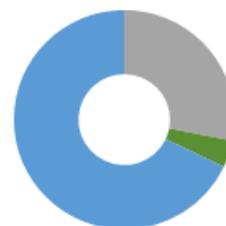
Abbildung 20 Übersichtsbild Flächen für geplante PV-Anlage

ERGEBNISSE:

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	162,24 kWp
Spez. Jahresertrag	971,94 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	91,73 %
Ertragsminderung durch Abschattung	0,9 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	157.932 kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	44.403 kWh/Jahr
Batterieladung	6.267 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	107.262 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	32,0 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	73.896 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Verbraucher

Verbraucher	84.830 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	245 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	85.075 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	44.403 kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	5.826 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	34.845 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	59,0 %

Gesamtverbrauch



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

Batteriesystem

Ladung am Anfang	22 kWh
Batterieladung (Gesamt)	6.279 kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	6.267 kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	12 kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	5.839 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	326 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	137 kWh/Jahr
Zyklenbelastung	6,3 %
Lebensdauer	16 Jahre

Batterieladung (Gesamt)



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

Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	85.075 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	34.845 kWh/Jahr
Autarkiegrad	59,0 %

WIRTSCHAFTLICHKEIT:

Zahlungsübersicht

spezifische Investitionskosten	1.094,92 €/kWp
Investitionskosten	177.640,00 €
Investitionen	162.240,00 €
Batterie	15.400,00 €

Vergütung und Ersparnisse

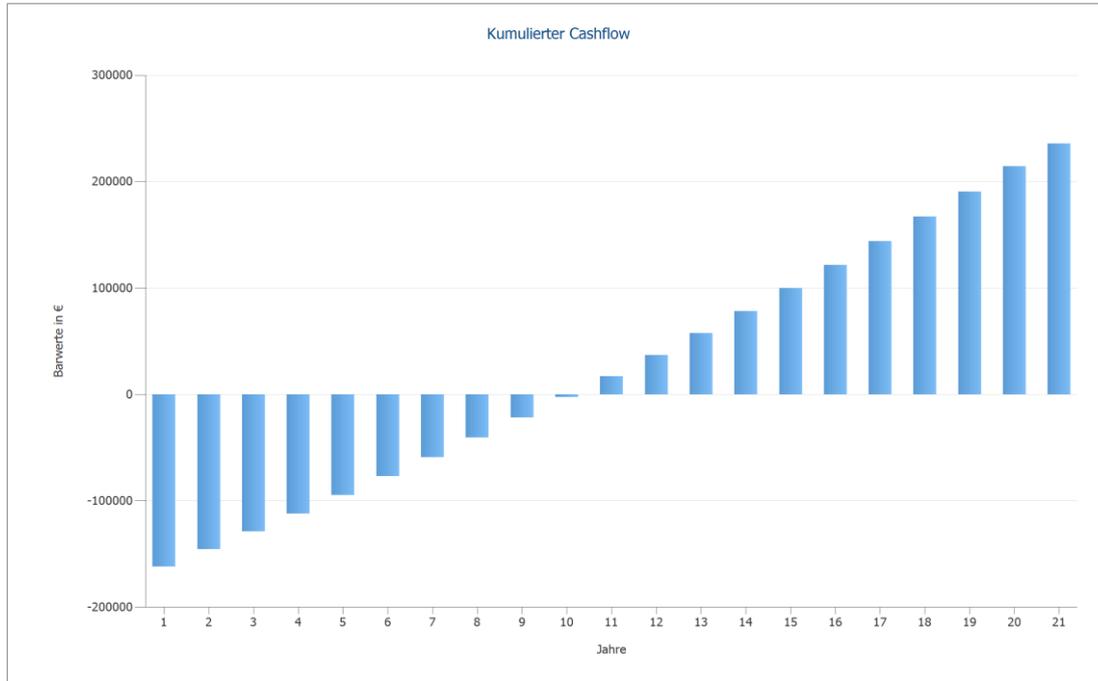
Gesamtvergütung im ersten Jahr	4.251,08 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	11.896,32 €/Jahr

EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen

Gültigkeit	07.12.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,0396 €/kWh
Einspeisevergütung	4251,0806 €/Jahr

Ersparnisse

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.

4.9 SV 8: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 - Fenster- und Türenaustausch

Var. 2 - Dachsanierung Werkstatt E

Var. 3 - Außenwände dämmen

Var. 4 - LED-Beleuchtung

Var. 5 - hydraulischer Abgleich

Var. 6 - Luft-Wasser Wärmepumpe

Var. 7 - PV-Anlage

kombiniert.

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

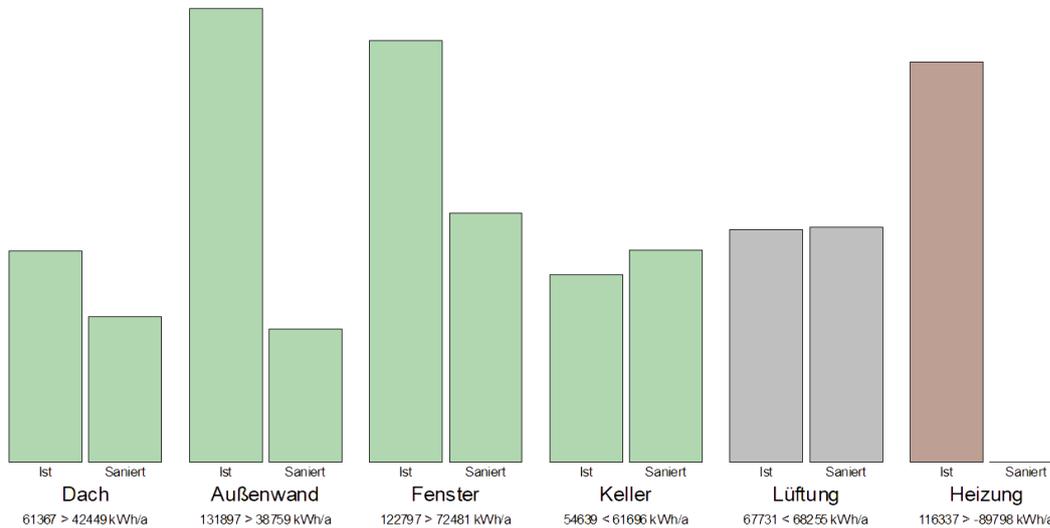
BEG Nichtwohngebäude - Neubau und Sanierung

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 **340.000 €** (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 79 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 413.630 kWh/Jahr reduziert sich auf 87.721 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 325.909 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 45.686 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 40 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.

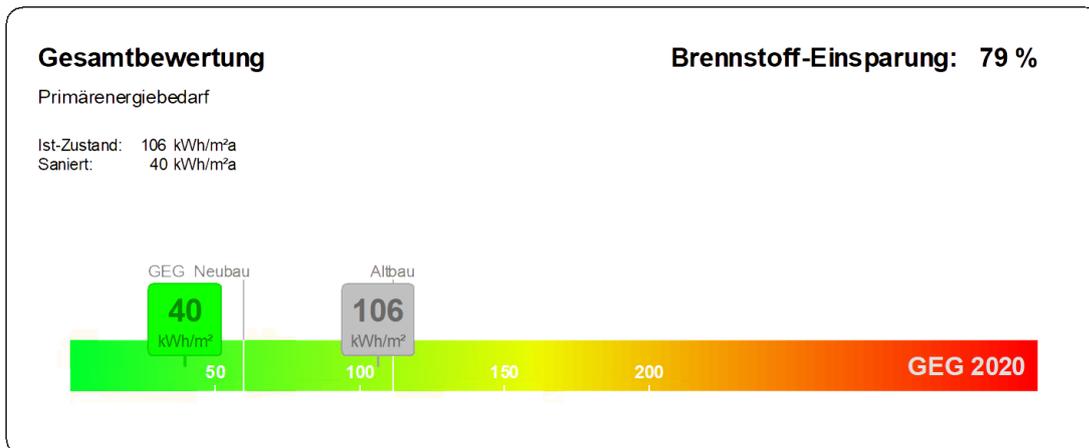


Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 8

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 8

Gesamtinvestitionen	1.540.000 EUR
Mögliche Fördermittel (Summe der Einzelförderungen)	340.000 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 25 Einsparpotenzial, SV 8

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	78.570	78.570
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	-280	30.156
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	78.290	108.726
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.657	224.473
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	115.747
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. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 14 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	66.293 € / Jahr
Resultierende Energiekosten Maßnahmenkombination	13.391 € / Jahr
Wirtschaftlichkeitsberechnung	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	78.570
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	23.891
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	102.460
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	118.271
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	15.811
Amortisationszeit	26 Jahre

4.9.1 Effizienzgebäudebetrachtung

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Für diese Betrachtung wird nur der Teil der PV-Anlage angerechnet, der sich auf dem Dach des Gebäudes befindet. Der Teil auf dem Dach des Nebengebäudes wird für das Nebengebäude angerechnet (vgl. Beratungsbericht Nebengebäude Scheefenkamp). Da die in dieser Berechnung dargestellten Ergebnisse aufgrund der Anpassung an den Endenergieverbrauch von der DIN abweichen, muss für einen Förderantrag im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) zum Nachweis des EG 70 Standards die Berechnung wieder an die Norm angepasst werden. Das bedeutet, dass eine Anpassung der Berechnung u. a. der Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens durchgeführt werden muss. Dadurch erhöht sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes deutlich.

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

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						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	78,7	✓ 162,0	115,7	□ 46,3	□ 63,6	✓ 81,0	✓ 115,7	✓ 185,2
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,25	✓ 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	1,3	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4	✓ 3,0	

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

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	16290	3,4
Wärmepumpen	301236	62,4

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

□ EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 65,7%

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der BBS Scheefenkamp in Friesoythe. Im vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Altbaus durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik simuliert sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 7 vorgeschlagen. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 65 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Austausch des Gaskessels durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 17 % gesenkt werden.

Die größte Einsparung an Primärenergie gelingt durch die Installation einer Photovoltaik-Anlage. Diese Maßnahme würde 67% der Primärenergie des Gebäudes abdecken.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 117 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 125 % 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. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem die anlagentechnischen Maßnahmen an, da sich die Gebäudehülle aufgrund des mittleren Alters des Gebäudes noch in einem annehmbaren Zustand befindet.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO₂-Emissionen bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht nur gänzlich vermieden werden, sondern es entsteht eine Überkompensation von rund 25 Tonnen CO₂ pro Jahr. Diese können mit dem Nebengebäude der BBS oder anderen Liegenschaften verrechnet werden und tragen zu dem gesteckten Ziel des Landkreises bei.

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.

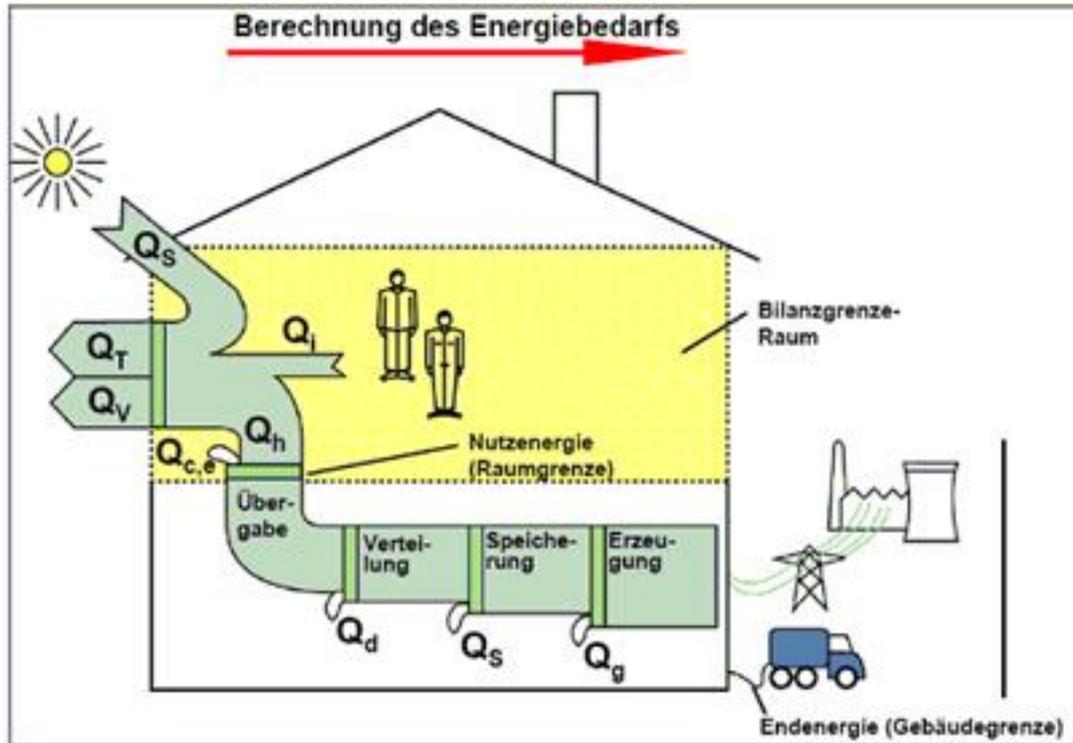


Abbildung 22 Berechnung des Energiebedarfs

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 Wärmegewinne.

Transmissionswärmeverluste Q_T

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

Lüftungswärmeverluste Q_V

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

Trinkwassererwärmung

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

U-Wert (früher k-Wert)

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

Solare Wärmegewinne Q_s

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

Interne Wärmegewinne Q_i

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

Anlagenverluste

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

Wärmebrücken

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

Gebäudevolumen V_e

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

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A

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