

**Albert Schweitzer
Schule**
FÖRDERSCHULE LERNEN UND SPRACHE

BERATUNGSBERICHT zur energetischen Betrachtung von Nichtwohngebäuden

FÜR DIE ALBERT-SCHWEITZER- SCHULE CLOPPENBURG HAUPTGEBÄUDE

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	13
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	22
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
4.2 SV 1: NORDTEIL SANIEREN	30

4.3	SV 2: LED-BELEUCHTUNG	33
4.4	SV 3: SOLE-WÄRMEPUMPE	37
4.5	SV 4: PHOTOVOLTAIK-ANLAGE.....	41
4.6	SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION	43
4.6.1	Effizienzgebäudebetrachtung.....	47
5	Fazit	48
6	Anhang.....	49
A.1	GLOSSAR	49

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)	11
Abbildung 2 3D-Ansicht des Gebäudes	13
Abbildung 3 Nutzungszonen	14
Abbildung 4 Grundriss KG, zониert.....	15
Abbildung 5 Grundriss EG, zониert.....	15
Abbildung 6 Grundriss OG 1, zониert	16
Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	18
Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	19
Abbildung 9 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste	24
Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes	25
Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	25
Abbildung 12 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes	26
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	31
Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	35
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	39
Abbildung 16 Übersichtsbild Flächen für geplante PV-Anlage	41
Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	44
Abbildung 18 Berechnung des Energiebedarfs	50

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.....	36
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 2.....	36
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3.....	40
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 3.....	40
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5.....	45
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 5.....	45

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für das Hauptgebäude der Albert-Schweitzer-Schule in 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 Durchführenden. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Die Grundlagen der jeweiligen Kostenangaben sind den einzelnen Sanierungsvarianten zu entnehmen. Zudem sollten die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig mit der Vergabestelle abgestimmt werden.

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

¹ <https://www.hottgenroth.de>

2 ZUSAMMENFASSUNG

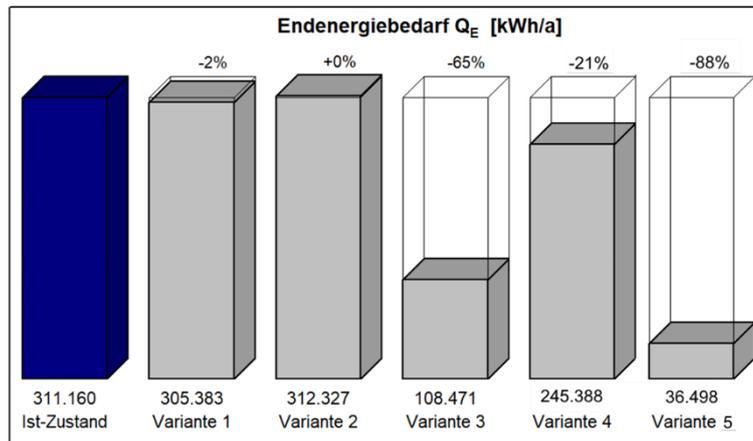
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

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

Endenergiebedarf

Endenergiebedarf Q_E :

- Ist-Zustand
- Var.1 - Nordteil sanieren
- Var.2 - LED-Beleuchtung
- Var.3 - Wärmepumpe
- Var.4 - Pv-Anlage
- Var.5 - Maßnahmenkombination

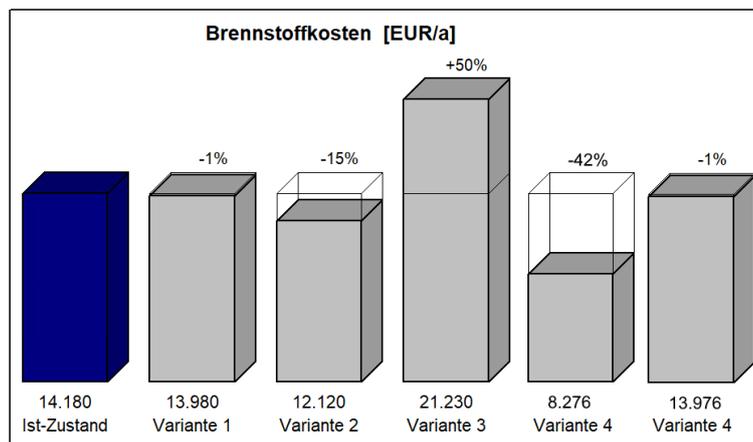


Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt. Wie in Kap. 4.4 beschrieben, führt die Wärmepumpe (Var.3) bei den Bestands-Preisen noch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

Brennstoffkosten nach alten Preisen:

Brennstoffkosten:

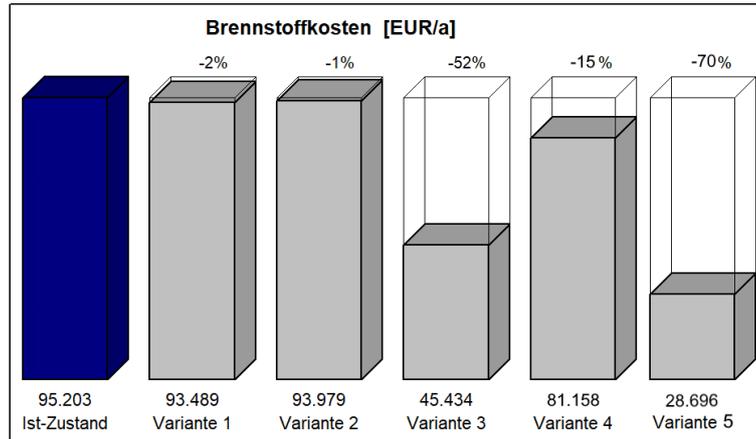
- Ist-Zustand
- Var.1 - Nordteil sanieren
- Var.2 - LED-Beleuchtung
- Var.3 - Wärmepumpe
- Var.4 - Pv-Anlage
- Var.5 - Maßnahmenkombination



Brennstoffkosten nach neuen Preisen:

Brennstoffkosten:

- Ist-Zustand
- Var.1 - Nordteil sanieren
- Var.2 - LED-Beleuchtung
- Var.3 - Wärmepumpe
- Var.4 - Pv-Anlage
- Var.5 - Maßnahmenkombination



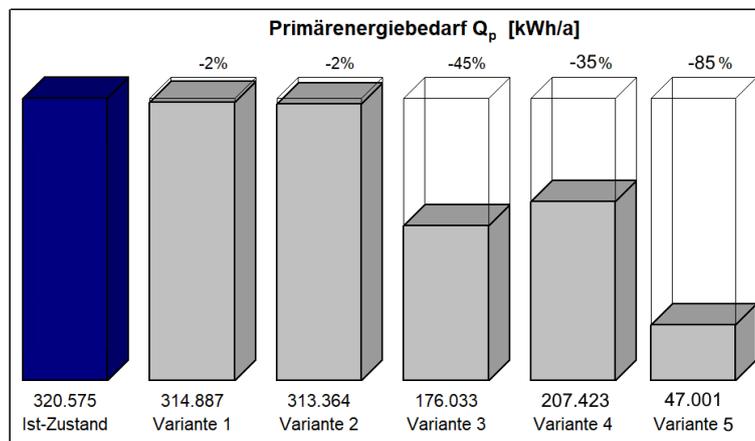
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

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

Primärenergiebedarf Q_p :

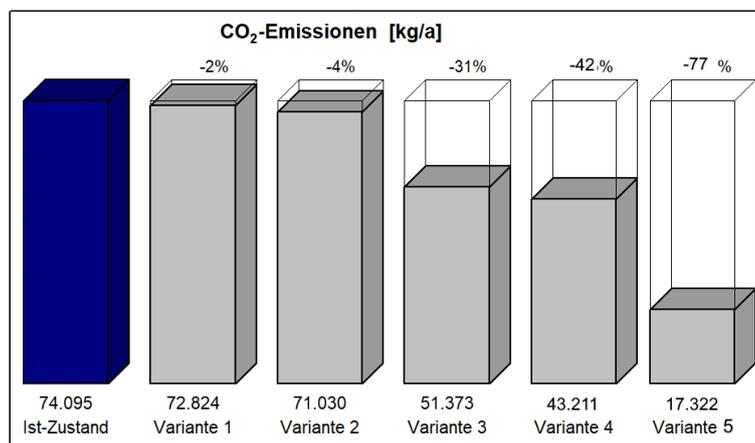
- Ist-Zustand
- Var.1 - Nordteil sanieren
- Var.2 - LED-Beleuchtung
- Var.3 - Wärmepumpe
- Var.4 - Pv-Anlage
- Var.5 - Maßnahmenkombination



CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen:

- Ist-Zustand
- Var.1 - Nordteil sanieren
- Var.2 - LED-Beleuchtung
- Var.3 - Wärmepumpe
- Var.4 - Pv-Anlage
- Var.5 - Maßnahmenkombination



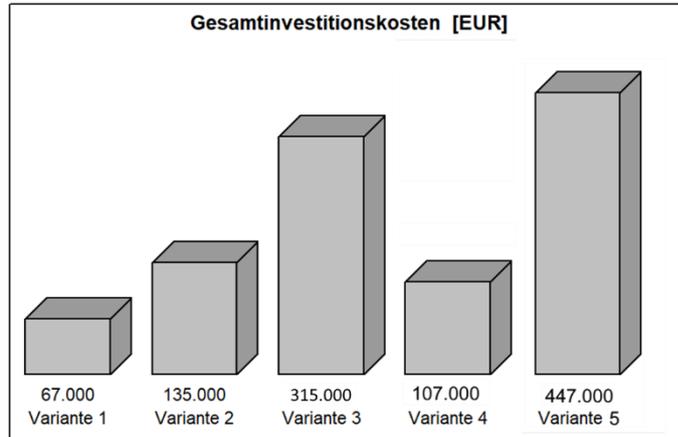
2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt.

Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:

- Ist-Zustand
- Var.1 - Nordteil sanieren
- Var.2 - LED-Beleuchtung
- Var.3 - Wärmepumpe
- Var.4 - Pv-Anlage
- Var.5 - Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Albert-Schweitzer-Schule liegt an der Vahrener Str. 60 in Cloppenburg. Das Hauptgebäude der Schule wurde im Jahr 1974 errichtet und in den 80ern und 1996 erweitert. Das Gebäude wurde als Massivbau errichtet und ist teilunterkellert. Bis auf den Anbau am Nord-Ende aus 1996 wurden am Gebäude im Jahr 2019 Sanierungsarbeiten durchgeführt, bei denen die Außenwände, Fenster und Dächer energetisch verbessert wurden. Die Dächer des Gebäudes sind als Flachdächer ausgeführt.

Die Heizungsanlage des Gebäudes wurde 2008 erneuert und es wird nun über zwei Gas-Brennwertkessel versorgt. Beide besitzen eine Nennleistung von 311 kW. Zur Warmwasserversorgung steht ein Warmwasserspeicher mit einem Nennvolumen von 160 Litern. Über die Heizungsanlage werden ebenfalls die fünf Nachbargebäude auf dem Gelände der Albert-Schweitzer-Schule versorgt.

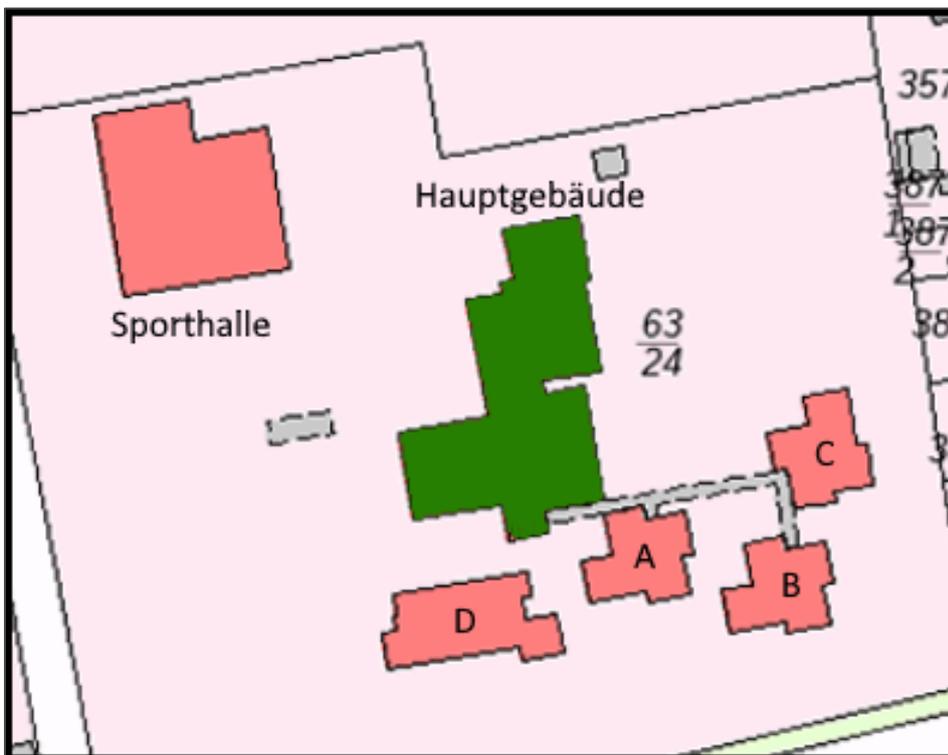


Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)

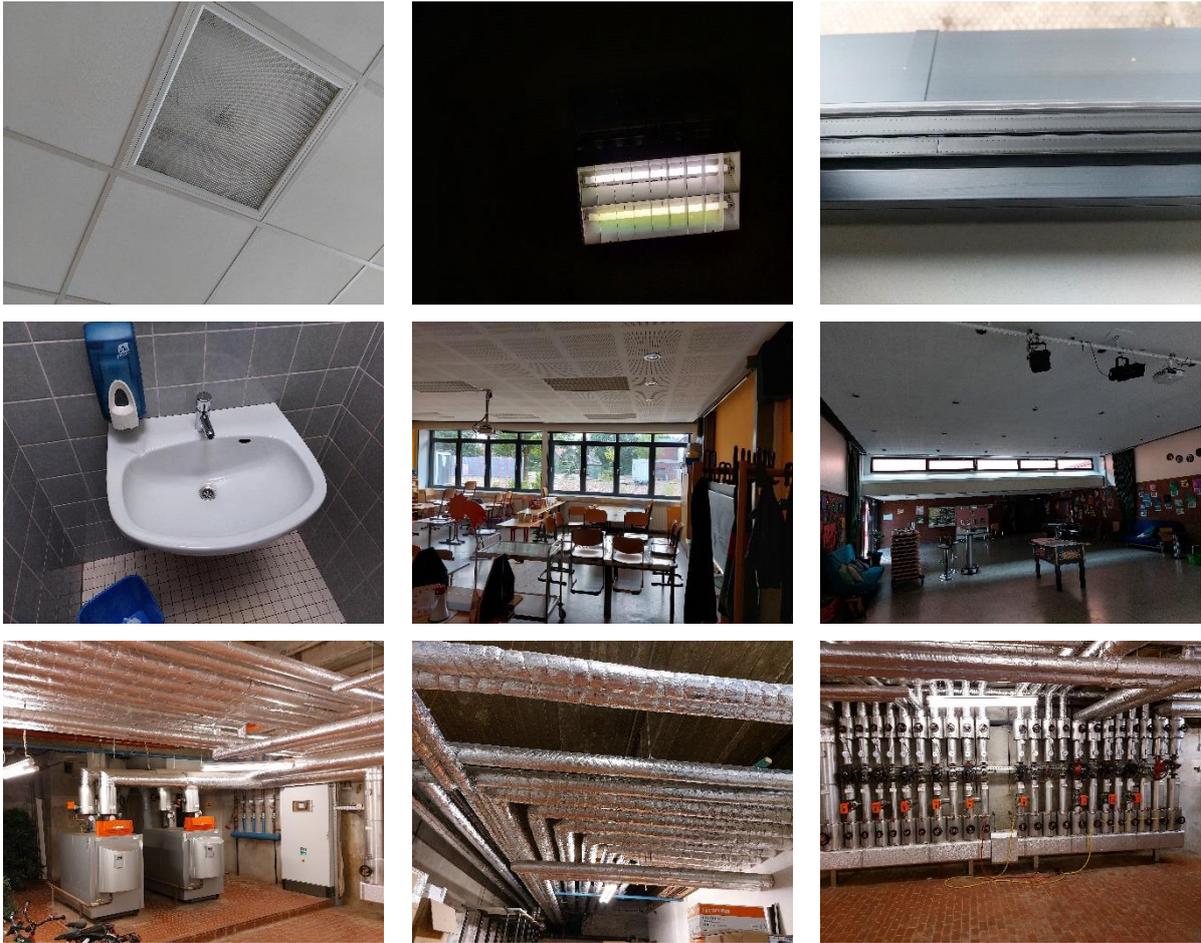
Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Albert-Schweitzer-Schule Hauptgebäude
Gebäudetyp	Schulgebäude
Straße, Hausnr.	Vahrener Str. 60
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg
Baujahre	1974, 1996
Beheiztes Gebäudevolumen V	6.027 m ³
Nettogrundfläche ANGF	1.945 m ²
Thermische Hüllfläche	4.578 m ²
Mittlere Geschosshöhe	ca. 3,10 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.

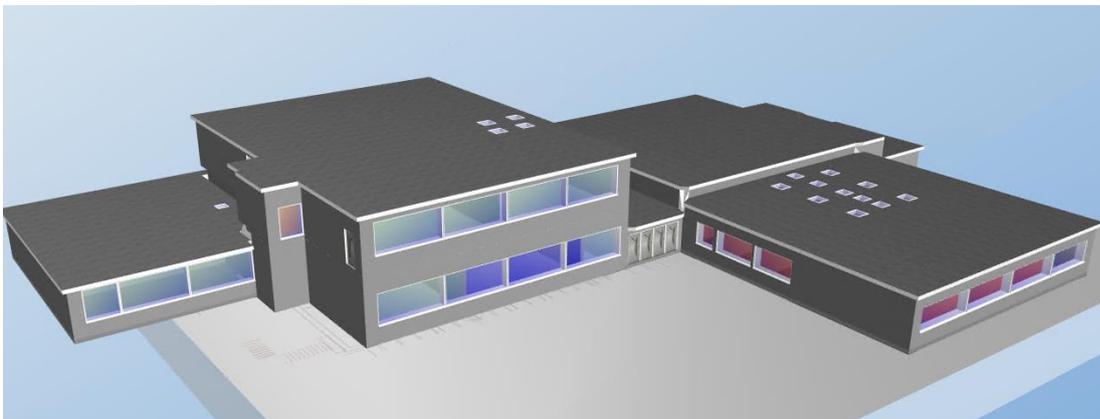


Abbildung 2 3D-Ansicht des Gebäudes

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		
Gruppenbüro	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	214	11,0 %
Klassenzimmer	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	758	39,0 %
WC und Sanitärräume	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	85	4,4 %
Verkehrsfläche	beheizt	-	LED-Leuchten Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	576	29,6 %
Lager	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig, KVG	311	16,0 %
Summe				1.944	100%

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

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

Abbildung 3 Nutzungszonen

In den folgenden Abbildungen sind die zonierte Grundrisse zu sehen:

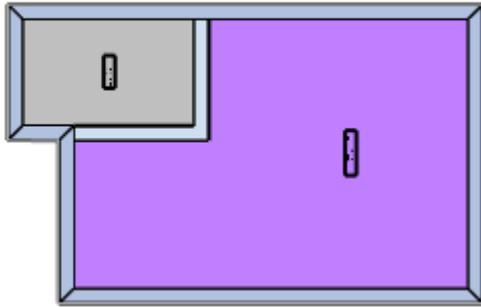


Abbildung 4 Grundriss KG, zoniert



Abbildung 5 Grundriss EG, zoniert

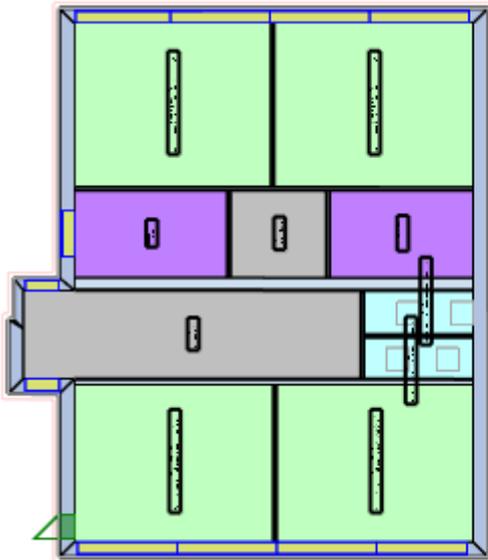


Abbildung 6 Grundriss OG 1, zoniert

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 die separat betrachteten Nebengebäude und die Sporthalle mit ein (vgl. Beratungsberichte Nebengebäude). Um die Verbräuche besser einordnen zu können, sollte der Landkreis Cloppenburg in der Zukunft eigene Messungen für die einzelnen Gebäude durchführen.

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

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

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

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser aus den Jahren 2016, 2017 und 2018 der Schule zu entnehmen. Es ist darauf hinzuweisen, dass nach diesen Jahren weitreichende Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden, die aller Voraussicht nach zu geringeren Verbräuchen geführt haben. Allerdings ist zu vermuten, dass die Verbrauchszahlen aus den Folgejahren aufgrund der Bauphasen und der geringeren Nutzung in den „Corona“-Jahren ebenfalls nicht besonders aussagekräftig sind, weshalb die Zahlen aus den Jahren vor den Maßnahmen gewählt wurden.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	512.272	580.311	591.284	561.289
Strom [kWh/a]	49.481	54.314	54.424	52.740
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	561.753	634.625	645.708	614.029
Wasser [m ³ /a]	430	434	348	404

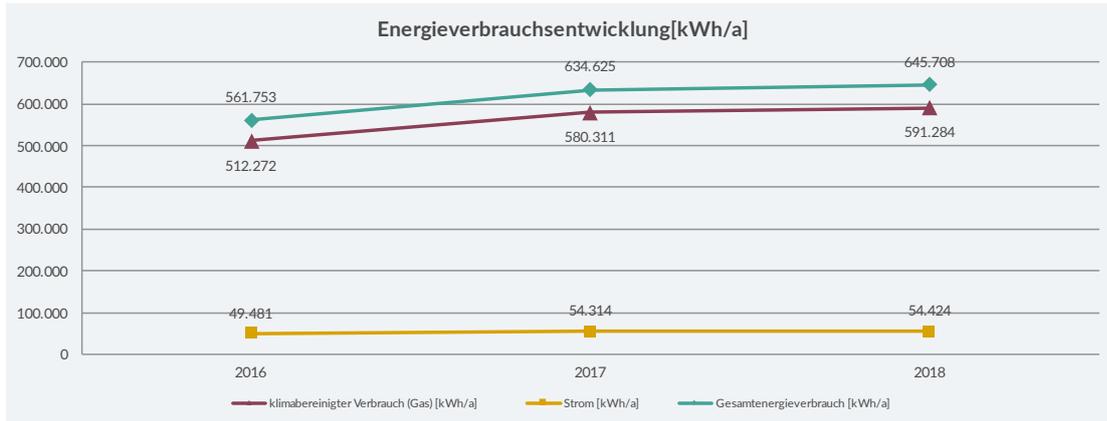


Abbildung 7 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

3.4.2 Energieverbrauchskennwerte

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

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Schulen mit Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte		
	in [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	5	10	11
Wärme	62	109	99
Wasser	70	78	140

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)

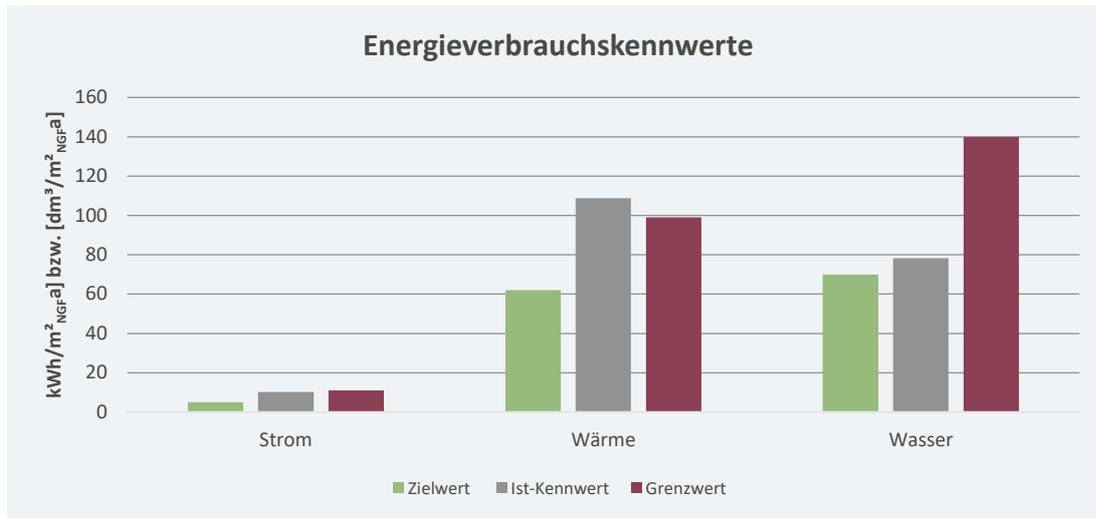


Abbildung 8 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Strom liegen zwischen dem Zielwert und dem Grenzwert. Der weitere Ausbau der LED-Beleuchtung und die Nutzung von Präsenzmeldern würde den Stromverbrauchskennwert näher an den Zielwert bringen.

Der Wärmeverbrauchskennwert liegt über dem Grenzwert. Wie zuvor beschrieben sollte dieser sich jedoch durch die bereits durchgeführten Maßnahmen dem Zielwert weiter angenähert haben.

Der Wasserverbrauch liegt bereits sehr nahe am Zielwert. Um den Wasserverbrauch zu senken, können Durchflussbegrenzer in den WC-Räumen eingesetzt werden.

3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf. Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels 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/(m²K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	BEG-Förderung ⁶
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
Bodenplatte Altbau	1,20	0,30	0,25
Bodenplatte Anbau 1996	0,60	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand 2019 saniert	0,19	0,24	0,20
Außenwand Anbau 1996	0,60	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Flachdächer 2019 saniert	0,12	0,20	0,14
Flachdach Anbau 1996	0,30	0,24	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Fenster 2019 saniert	0,90	1,30	0,95

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.

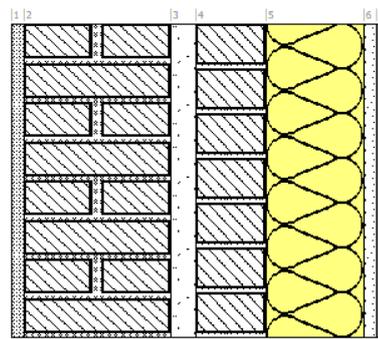
Fenster Anbau 1996	1,90	1,30	0,95
Lichtkuppeln 2019	1,50	2,70	1,50
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	1,30	1,80	1,30

3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

Außenwand

Nachfolgend ist der Schichtaufbau der Außenwand dargestellt

Material	Dicke (cm)	λ (W/(m*K))
Putzmörtel	2,0	0,700
Kalksandstein-Mauerwerk	24,0	0,990
Luftschicht	4,0	0,222
Klinker-Mauerwerk	11,5	0,960
Mineralische Dämmstoffe	16,0	0,035
Ruhende Luftschicht	2,0	0,114
Verkleidung	1,0	160,0

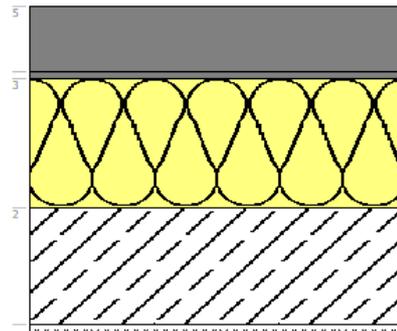


U-Wert Gesamt: 0,19 W/(m²K)

Flachdach

Nachfolgend ist der Schichtaufbau des Flachdachs dargestellt

Material	Dicke (cm)	λ (W/(m*K))
Putzmörtel	1,50	0,700
Beton	18,0	2,500
PUR/PIR-Hartschaum	20,0 (Durchschnitt)	0,024
Lose Schüttung	10,0	0,000



U-Wert Gesamt: 0,12 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

<i>Erzeugung 1</i>	<i>2x Gas-Brennwertkessel VITOCROSSAL 200</i>
	<i>Energieträger Erdgas</i>
	<i>Baujahr 2008</i>
	<i>Je 311 kW max. Nennleistung</i>
	<i>hydraulischer Abgleich nicht durchgeführt</i>
	<i>Leitungen gedämmt</i>
	<i>Umwälzpumpen geregelt</i>
	<i>Übergabe an die Zonen über Heizkörper</i>

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt über einen Speicher mit 160 Litern Fassung. Dieser versorgt einzelne Zapfstellen. 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 und vereinzelt 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

Lüftungsanlagen sind in dem vorliegenden Gebäude nicht vorhanden. Lediglich einzelne Räume (WCs) werden mit dezentralen Abluftgeräten entlüftet.

Eine Lüftung im Gebäude findet zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen.

Aber auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

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	152,98
Endenergiebedarf Warmwasser	0,00
Beleuchtungsstrom	7,03

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	25.729	14,8
Außenwand	27.530	15,9
Fenster	40.453	23,3
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	79.664	45,9
Gesamt	173.375	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	125.705	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt	81.083	100,0

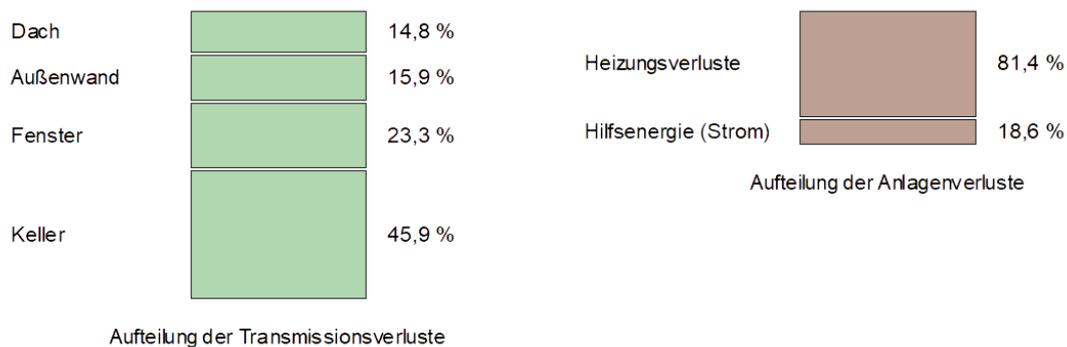


Abbildung 9 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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

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

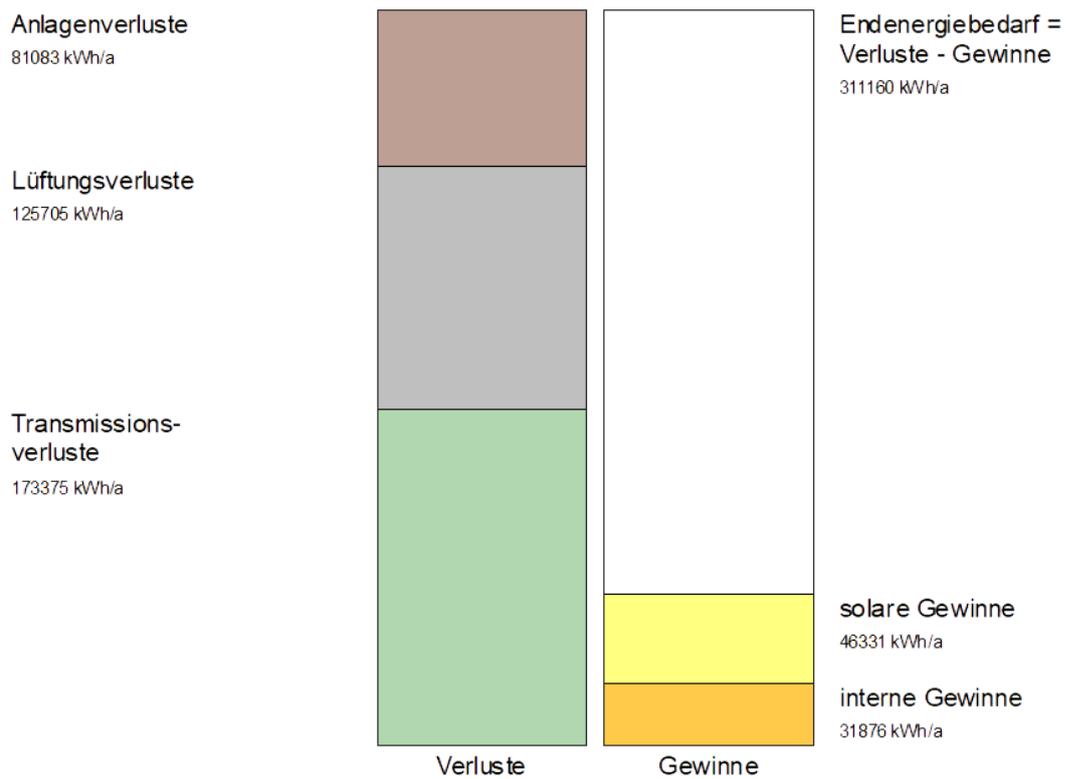


Abbildung 10 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m^2 Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser $165 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

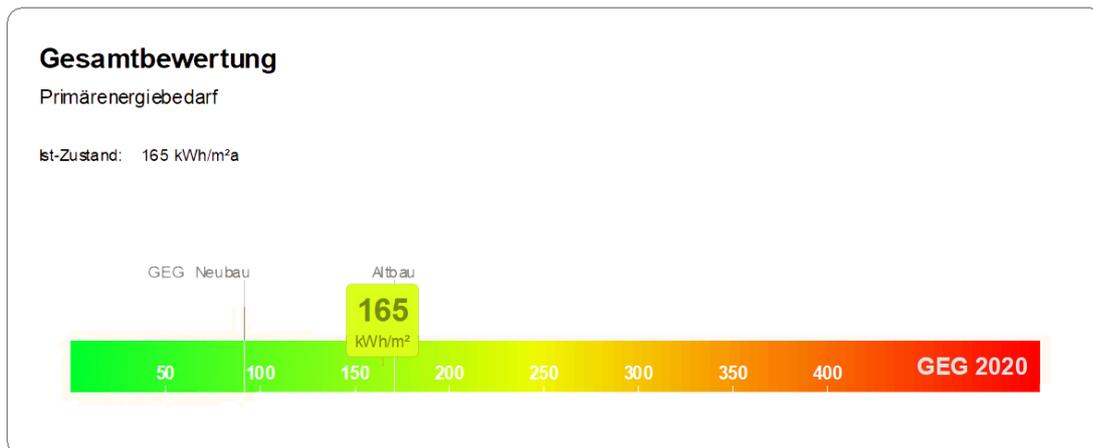


Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der bauliche Ist-Zustand des Gebäudes ist überwiegend sehr gut. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf Q_P ($\text{kWh/m}^2\text{a}$), den mittleren U-Wert opaker Bauteile ($\text{W/m}^2\text{K}$) und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile ($\text{W/m}^2\text{K}$). Die berechneten Werte sind entscheidend bei der Erreichung eines Effizienzhausstandards.

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	164,9	✓ 171,0	122,1	□ 48,8	□ 67,2	□ 85,5	□ 122,1	✓ 195,4
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,31	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	□ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,1	✓ 2,7		□ 1,0	✓ 1,2	✓ 1,4	✓ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	1,4	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4	✓ 3,0	

Abbildung 12 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes

Aus Abbildung 12 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand **kein** Effizienzgebäude Standard erfüllt. Dies liegt zum einen daran, dass die Wärmeversorgung zu 100% auf Gas beruht und der Primärenergiebedarf deswegen relativ hoch ist. Zum anderen weisen die meisten opaken Bauteile sehr gute Werte auf, im Mittel werden diese jedoch von den ungedämmten Bodenplatten heruntergezogen.

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.

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

Empfohlene Sanierungsvarianten:

Var. 1 - Nordteil sanieren

Var. 2 - LED-Beleuchtung

Var. 3 - Sole-Wärmepumpe

Var. 4 - Photovoltaik-Anlage

Var. 5 - Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 6) kann der Effizienzgebäude-Standard 100 erreicht werden. Für Details siehe Kap. 4.6.1.

4.2 SV 1: NORDTEIL SANIEREN

Der Nordteil des Gebäudes wurde 1996 angebaut und in den Sanierungsmaßnahmen der letzten Jahre nicht saniert. Daher weist dieser Teil des Gebäudes schlechtere U-Werte auf als der Rest der Schule. In dieser Maßnahme werden die Fenster und die Außenwände des Nordteils erneuert.

Hierbei werden dieselben Bauteil-Aufbauten und U-Werte gewählt, wie bei den bereits durchgeführten Maßnahmen der letzten Jahre (vgl. Tabelle in Kap. 3.5.1).

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
<i>Einzel Fenster Rückbau</i>	27,67		
<i>Alu-Fenster inkl. Einbau</i>	1.143,95		
Einzel Fenster gesamt	1.200	45,5	54.600
<i>Außenwand WD auf alten Klinker</i>	180	68,5	12.300
Gesamtausgaben			67.000

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. Für Außenwände folgendermaßen: Lieferung, Einbau und Montage Wärmedämmung, Vorhangkonstruktion, Lohnkosten und Baustelleneinrichtung.

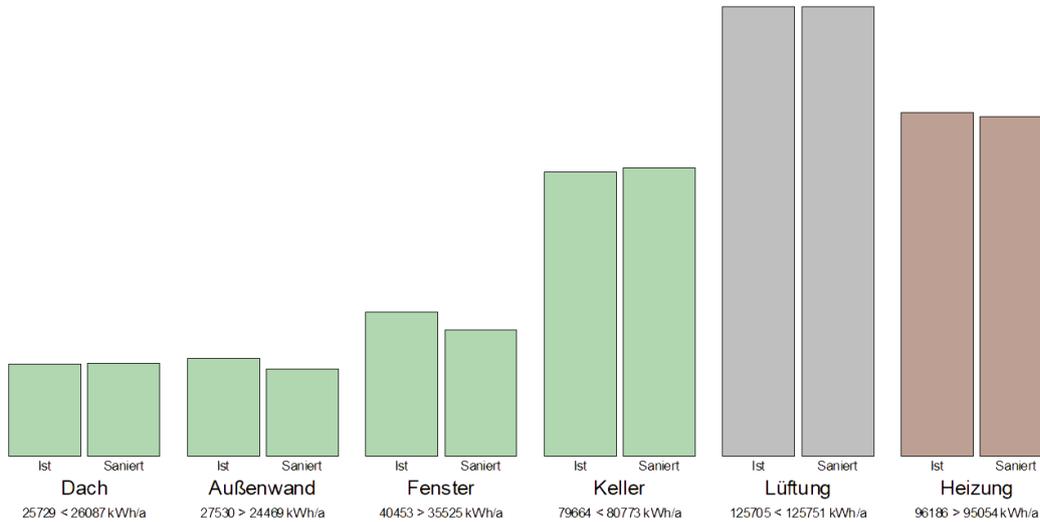
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	<i>Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).</i>
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 10.035 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

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 311.160 kWh/Jahr reduziert sich auf 305.383 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5.777 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.271 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 162 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.

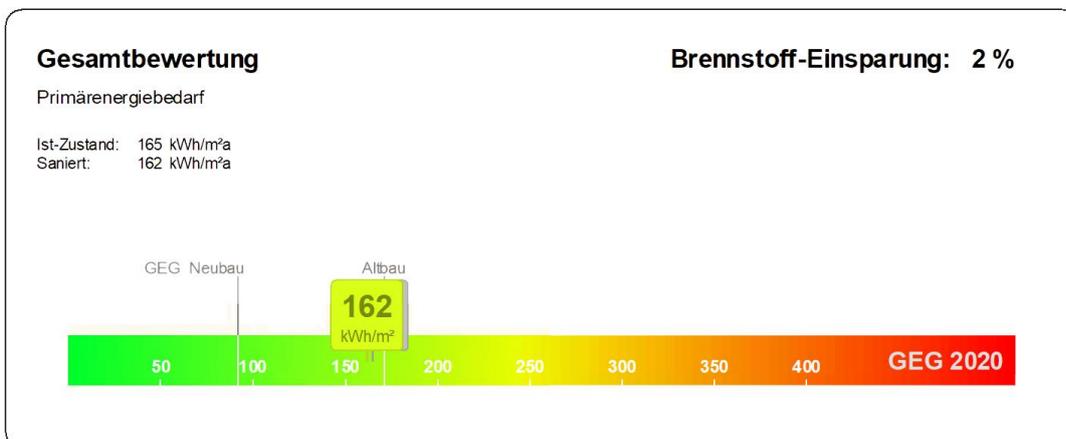


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Fenster	54.600 EUR
Außenwände	12.300 EUR
Mögliche Fördermittel	10.035 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.

Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 1

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	3.418	3.418
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	24.949	166.791
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	28.368	170.209
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.295	169.850
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 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: 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 Klassenraum im EG abgebildet, der aktuell durch 15 Leuchten mit je 4 Leuchtstoffröhren mit jeweils 18W beleuchtet wird. Wie die Berechnung zeigt, könnte dieser Raum ebenfalls durch 11 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

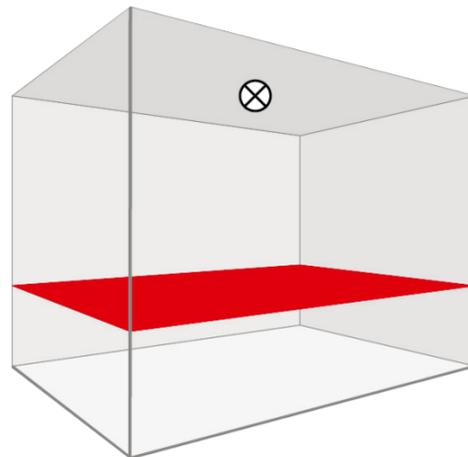
Montageart: Anbau
Leuchtenlichtstrom: 4.000 lm

Nutzebene

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

Raum

Maße: 8,98 x 7 x 3 m
Reflexionsgrad: 70/50/20
Wartungsfaktor: 0,8



Ergebnis Ihrer Berechnung

Anzahl der Leuchten	Beleuchtungsstärke	Spezifischer Anschlusswert
11 <small>10,93 exakter Wert</small>	503lx	4,7 W/m ² 0,9 W/m ² /100lx

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Zone	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
Bürofläche	140	214	29.960
Klassenzimmer	80	758	60.640
WC und Sanitär	90	42,5	3.825

Verkehrsfläche	45	576	25.920
Lager	45	310	13.950
Gesamtausgaben			135.000

Die Preise beruhen auf Licht-Berechnungen von Beispierräumen 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 20.250 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

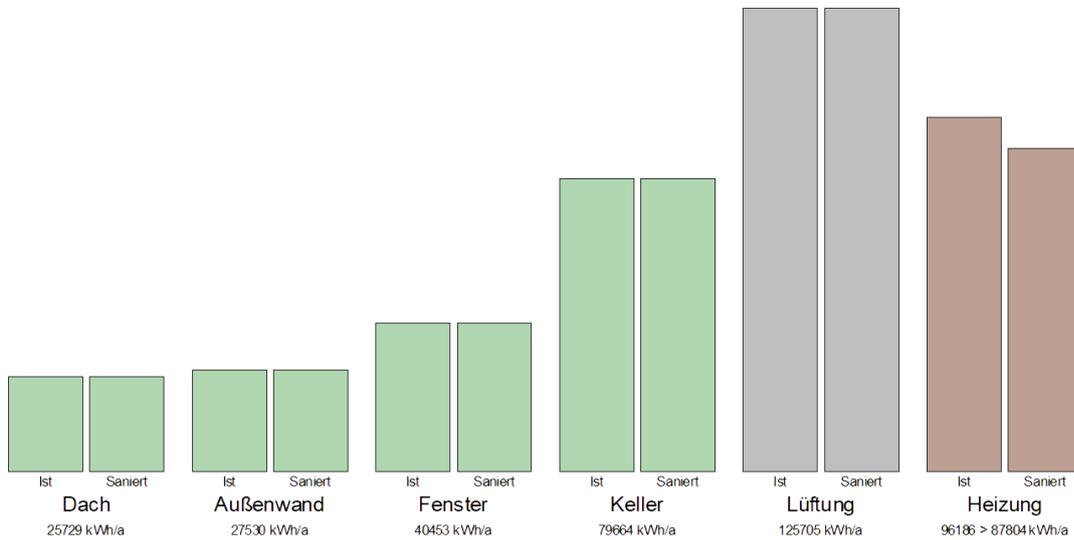
Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (2.9)

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 33.750€ (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 311.160 kWh/Jahr erhöht sich auf 312.328 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Erhöhung von 1.167 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.065 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 161 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.

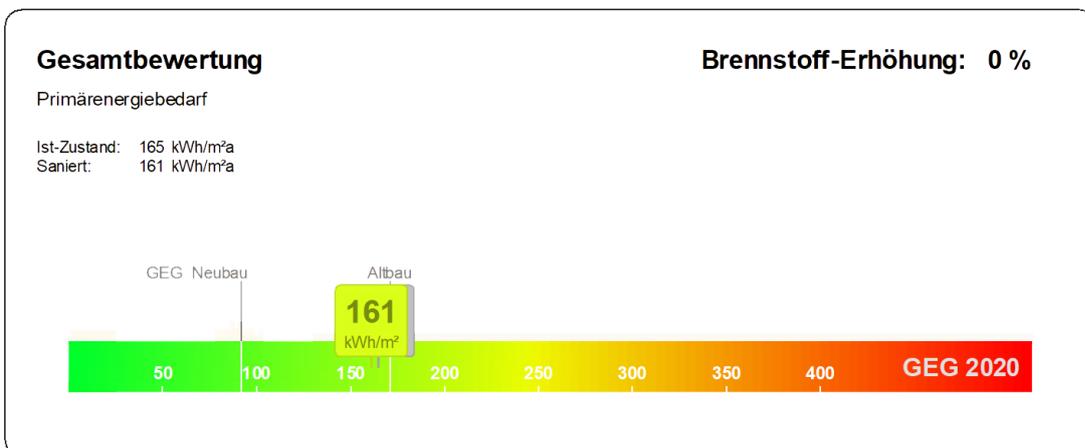


Abbildung 14 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	135.000 EUR
Mögliche Fördermittel	33.750 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 14 Einsparpotenzial, SV 2

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	9.074	9.074
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	18.062	140.044
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	27.137	149.118
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	21.128	141.868
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 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.

4.4 SV 3: SOLE-WÄRMEPUMPE

Ergänzend zu der aktuellen Heizungstechnik wird eine Wärmepumpe eingesetzt. Hierfür müssen mehrere Tiefen-Erdsonden verlegt und ein Heizungs-Pufferspeicher installiert werden. Für das Hauptgebäude wird eine Wärmepumpe mit einer Leistung von 50 kW vorgesehen und die Vorlauftemperatur auf 55°C eingestellt. Hierdurch kann fast 85% der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Da über die Heizzentrale des Hauptgebäudes ebenfalls die Nachbargebäude versorgt werden, sollte die Wärmepumpe bei einer Umsetzung deutlich größer dimensioniert werden. Daher wird im Folgenden mit einer Wärmepumpe mit einer Leistung von 120kW gerechnet.

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

Aufgrund des mangelnden Platzes für einen Flächenkollektor wird als Bauart auf Erdsonden gesetzt. Hierfür sind Tiefenbohrungen notwendig. Die Dimensionierung (Anzahl und Tiefe) der Sonden hängt maßgeblich von der Leistung der Wärmepumpe und den Randbedingungen des Standorts ab: Das vorliegende Grundstück der Schule liegt nicht in einem Wasserschutzgebiet. Weiterhin sollten die einzelnen Sonden mindestens 6m Abstand zueinander haben, da sie sich ansonsten gegenseitig thermisch beeinflussen können.

Bei der Umsetzung dieser Maßnahme sollte ein Fachplaner hinzugezogen werden und ein Thermischer Response Test (TRT) durchgeführt werden. Für die weitere Betrachtung in diesem Bericht werden 24 Sonden mit einer Tiefe von 100m angenommen.

Alternativ kann anstatt der Tiefensonden auf einen Eisspeicher zurückgegriffen werden. Ein Eisspeicher besteht aus einer Zisterne, die komplett unter der Erdoberfläche vergraben wird. Die Zisterne selbst ist meist aus Beton und nicht isoliert. Die Wärmepumpe entzieht dem Eisspeicher im Winter die Wärme, die im Sommer dort gespeichert wurde.

Da die Wärmepumpe einen sehr hohen Strombedarf verursacht, ist diese Maßnahme besonders sinnvoll in Kombination mit einer PV-Anlage (vgl. Variante 4)

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet. Nicht enthalten sind etwaige Kosten für eine Unterbringung der Wärmepumpen. Durch die Bohrungen der Tiefensonden können, abhängig von der Wahl des Standorts, zusätzliche Kosten für die Wiederherstellung des Urzustands entstehen, die ebenfalls nicht in den angegebenen Kosten enthalten sind.

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	Einheit	Summe [€]
Sole-Wasser-Wärmepumpe	$(8.850 + 520 * kW) * 1,25$	120 kW	89.000
Tiefensonden	$(630 + 75 * \text{Gesamtlänge}) * 1,25$	2400 m	226.000
Gesamtausgaben			315.000

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:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Sole-Wasser-Wärmepumpe	Wärmeerzeuger, Lieferung, Montage, Hilfsaggregate, thermische und elektrische Einbindung, Speicher, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung, hydraulischen Abgleich*, Anpassung der Heizkurven, Messung des Stromverbrauchs und der erzeugten Wärmemenge, Lohnkosten.
Tiefensonden	Lieferung und Montag der Erdsonden, Durchführung der Bohrarbeiten, Hilfsaggregate, Anschluss an die Wärmepumpe, Inbetriebnahme, Lohnkosten.

*Hinweis: Bei dem hydraulischen Abgleich der Sole-Wasser-Wärmepumpe sind lediglich die erforderlichen Messungen, Berechnungen und Einstellungen enthalten. Sollten neue Regelventile, Heizkörper oder Pumpen notwendig sein, werden diese die Preise deutlich erhöhen.

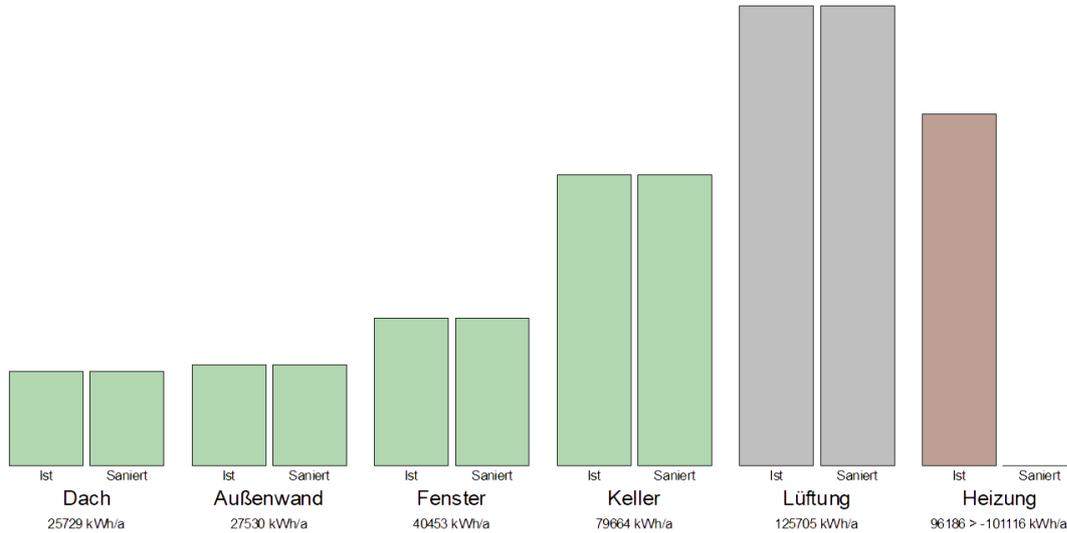
BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

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 94.500 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

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. 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 311.160 kWh/Jahr reduziert sich auf 108.471 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 202.689 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 22.723 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 91 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.

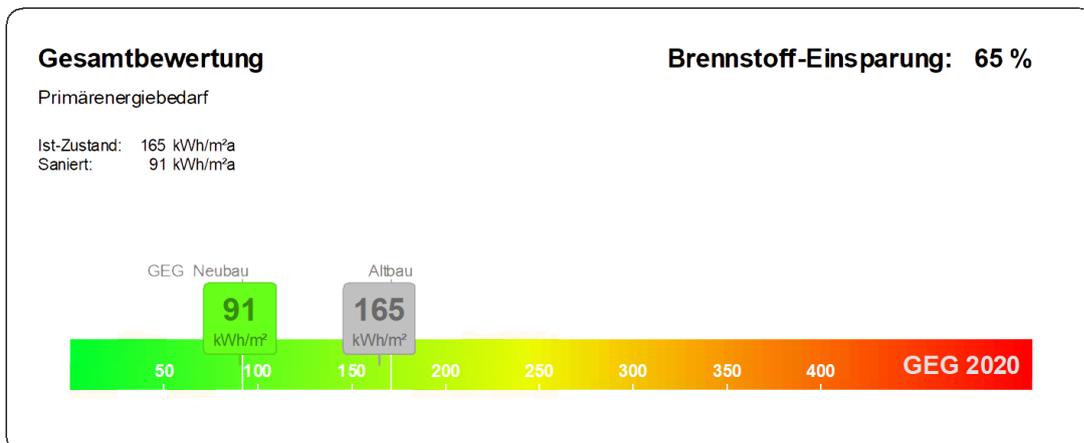


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Wie zuvor beschrieben, werden die anderen Gebäude der Schule ebenfalls über die Heizzentrale des Hauptgebäudes versorgt. Daher muss die Wärmepumpe deutlich größer dimensioniert werden, als wenn lediglich das Hauptgebäude versorgt würde. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird daher mit einer Wärmepumpe mit lediglich 50kW Leistung gerechnet:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

<i>Sole-Wärmepumpe inkl. Tiefenbohrungen (nur Anteil Hauptgebäude)</i>	<i>138.000 EUR</i>
<i>Mögliche Fördermittel</i>	<i>41.400 EUR</i>

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>
<i>Kapitalkosten</i>	<i>9.276</i>	<i>9.276</i>
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	<i>31.635</i>	<i>67.703</i>
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	<i>40.911</i>	<i>76.979</i>
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	<i>21.128</i>	<i>141.868</i>
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>64.889</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>3 Jahre</i>

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken. Dies liegt vor allem an dem großen Preisunterschied, zwischen Strom und Gas. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 3 Jahren, da die Gaspreise deutlich mehr gestiegen sind als die Strompreise.

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

4.5 SV 4: PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

Aufgrund des Strombedarfs der Liegenschaft und der möglichen Erhöhung durch den Einbau einer Wärmepumpe, bietet sich der Einbau einer PV-Anlage an. Im Nachfolgenden sind die Berechnungen für eine Anlage auf dem Dach des Hauptgebäudes dargestellt. Die Dachflächen der anderen Gebäude sind teilweise stark verschattet und werden bei dem aktuellen Stromverbrauch nicht benötigt. Die PV-Anlage wurde angepasst an die aktuellen Strom-Verbräuche der Liegenschaft geplant. Sollte sich der Verbrauch durch die Maßnahme SV 3 (Wärmepumpe) erhöhen, bzw. durch SV 2 (LED-Beleuchtung) verringern, sollte die PV-Anlage neu berechnet werden.

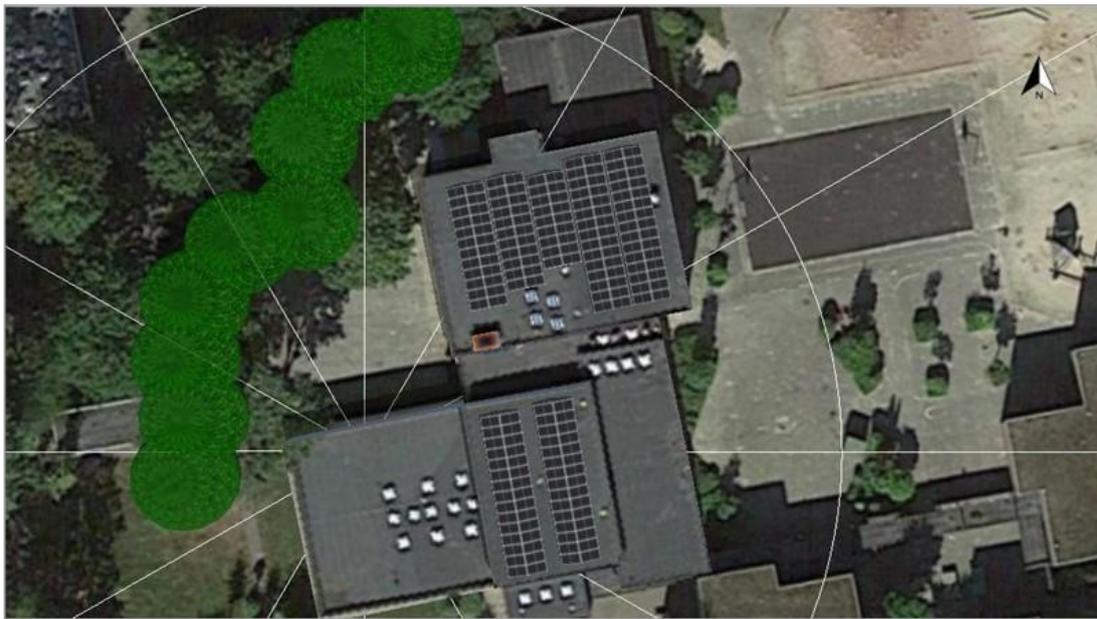


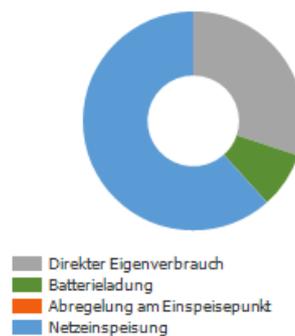
Abbildung 16 Übersichtsbild Flächen für geplante PV-Anlage

ERGEBNISSE:

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	74,52 kWp
Spez. Jahresertrag	882,20 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	89,74 %
Ertragsminderung durch Abschattung	3,8 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	65.772 kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	19.809 kWh/Jahr
Batterieladung	5.415 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	40.548 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	38,3 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	30.884 kg/Jahr
Eingesparte Primärenergie	118.390 kWh/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Verbraucher

Verbraucher	52.740 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	31 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	52.771 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	19.809 kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	5.029 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	27.932 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	47,1 %

Gesamtverbrauch

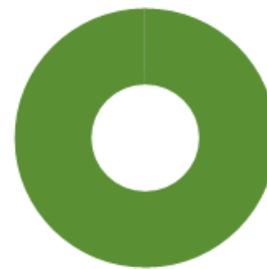


■ gedeckt durch PV
■ gedeckt durch Batterie netto
■ gedeckt durch Netz

Batteriesystem

Ladung am Anfang	22 kWh
Batterieladung (Gesamt)	5.421 kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	5.415 kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	6 kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	5.036 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	287 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	120 kWh/Jahr
Zyklenbelastung	5,4 %
Lebensdauer	19 Jahre

Batterieladung (Gesamt)



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

Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	52.771 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	27.932 kWh/Jahr
Autarkiegrad	47,1 %

WIRTSCHAFTLICHKEIT:

Zahlungsübersicht

spezifische Investitionskosten (netto)	1.441,55 €/kWp
Investitionskosten	107.424,00 €
Investitionen	89.424,00 €
Batterie	18.000,00 €

Vergütung und Ersparnisse

Gesamtvergütung im ersten Jahr	2.694,60 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	5.904,21 €/Jahr
EEG 2022 (Oktober) - Gebäudeanlagen	
Gültigkeit	11.10.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,0665 €/kWh
Einspeisevergütung	2694,6 €/Jahr
Gewerbe (Kopie) (Example)	
Arbeitspreis	0,238 €/kWh
Grundpreis	10 €/Monat
Preisänderungsfaktor Arbeitspreis	5 %/Jahr

4.6 SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Nordteil sanieren

Var. 2 – LED-Beleuchtung

Var. 3 – Sole-Wärmepumpe

Var. 4 – PV-Anlage

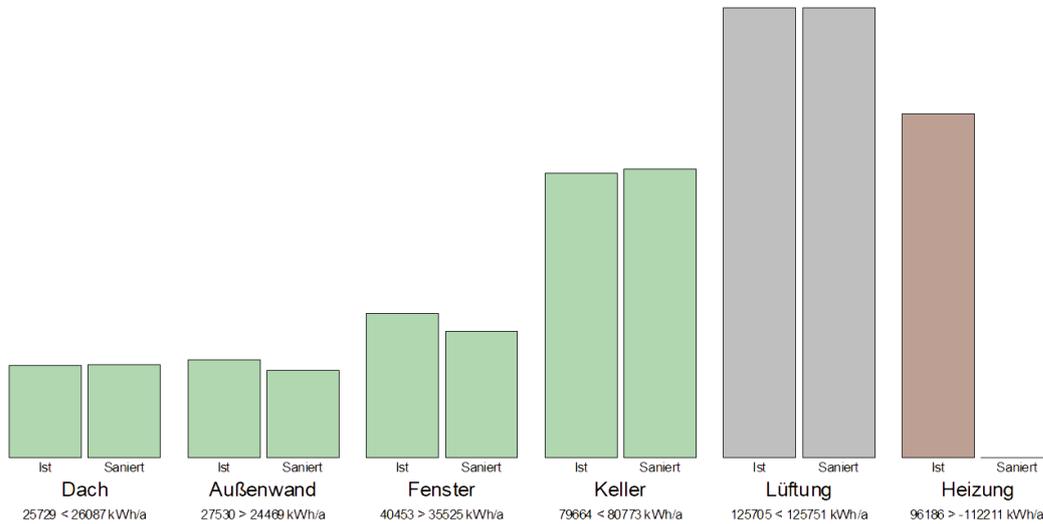
kombiniert.

Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann lediglich der Effizienzgebäude-Standard 100 erreicht werden (vgl. Kap. 4.6.1). Dieser wird aktuell nicht gefördert, daher entspricht die Gesamtförderung der Summe der Einzelförderungen.

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von **71.685 €** (Summe der Einzelförderungen) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 75 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 311.160 kWh/Jahr reduziert sich auf 77.046 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 234.114 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 56.773 kg CO₂/Jahr reduziert. Darin enthalten sind 30.884 kg CO₂/Jahr, die für den Eigenverbrauch und die Strom-Einspeisung der PV-Anlage abgezogen werden können. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **24,2 kWh/m²** pro Jahr.

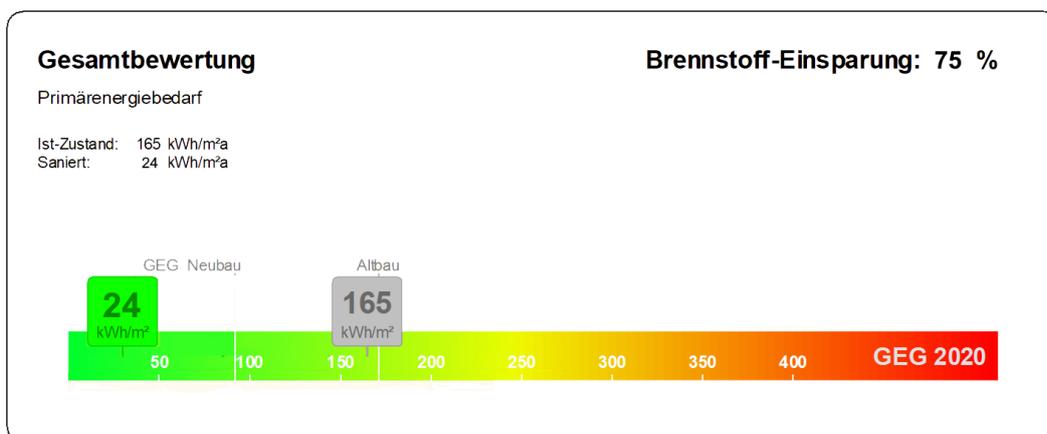


Abbildung 17 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	340.000 EUR
Mögliche Fördermittel	71.685 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 18 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	17.347	17.347
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	35.475	76.253
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	52.821	93.599
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	25.295	169.850
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	76.251
Amortisationszeit	-	7 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 7 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	56.481 € / Jahr
Resultierende Energiekosten Maßnahmenkombination	27.556 € / Jahr
Wirtschaftlichkeitsberechnung	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	17.347
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	49.162
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	66.508
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.259
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	34.259
Amortisationszeit	12 Jahre

4.6.1 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 nicht erreicht, da die opaken Bauteile den erforderlichen Wert nicht unterschreiten. Dies liegt überwiegend an der Bodenplatte, die bei den Umbaumaßnahmen nicht nachträglich gedämmt wurde. Sollte sich dazu entschieden werden, die Maßnahmenkombination umzusetzen, sollte der genaue U-Wert der Bodenplatte mittels Probebohrungen ermittelt werden, da die sonstigen Werte sogar für einen Effizienzgebäude-Standard EH55 reichen würden. Dieser würde aktuell eine Förderquote von 30% ermöglichen. Für den erreichten Effizienzgebäude-Standard EH100 gibt es zurzeit keine Förderung.

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

Bundeshilfe für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	61,7	✓ 171,0	122,2	✗ 48,9	✓ 67,2	✓ 85,5	✓ 122,2	✓ 195,5
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,31	✓ 0,56		✗ 0,18	✗ 0,22	✗ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	0,90	✓ 2,66		✓ 1,00	✓ 1,20	✓ 1,40	✓ 1,80	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	1,4	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4	✓ 3,0	

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	22419	8,4
Wärmepumpen	176496	66,5

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

✗ EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 74,9%

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Albert-Schweitzer-Schule in Cloppenburg. Im vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Hauptgebäudes 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 4 vorgeschlagen. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 65 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Wechsel eines Gas-Brennwertgerätes gegen eine Sole-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 31 % gesenkt werden.

Baulich bietet sich kaum noch Potential für Sanierungen, da in den letzten Jahren bereits umfassende Sanierungsarbeiten durchgeführt wurden. Lediglich der Nordteil wurde noch nicht energetisch erneuert. Aufgrund der geringen Größe dieses Teils könnte allerdings lediglich 2% der Endenergie eingespart werden.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 88 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 77 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Hierdurch könnte außerdem der Effizienzgebäudestandard 100 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 bereits durchgeführten Maßnahmen kann die eingesetzte Wärmepumpe effizient arbeiten. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bieten sich vor allem die anlagentechnischen Maßnahmen an, da sich die Gebäudehülle des Nordteils aufgrund des mittleren Alters des Gebäudes noch 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. 17 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. Durch diesen Effekt könnten sich die anfallenden CO₂-Emissionen bis 2035 mehr als halbieren, wodurch eine Treibhausgasneutralität realistischer wird. Damit das Ziel der Treibhausgasneutralität tatsächlich erreicht wird, sind für die zunächst verbleibenden Emissionen Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen. Diese könnten z.B. der Bau- und Betrieb eigener regenerativer Energieerzeugungsanlagen wie Windenergieanlagen oder Freiflächen PV-Anlagen sein, auf eine Beteiligung an solchen Anlagen könnte zur bilanziellen Treibhausgasneutralität führen.

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

6 ANHANG

A.1 GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

Energiebedarf

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

Jahres-Primärenergiebedarf

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

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO₂-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energie-sparverordnung.

Endenergiebedarf

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

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

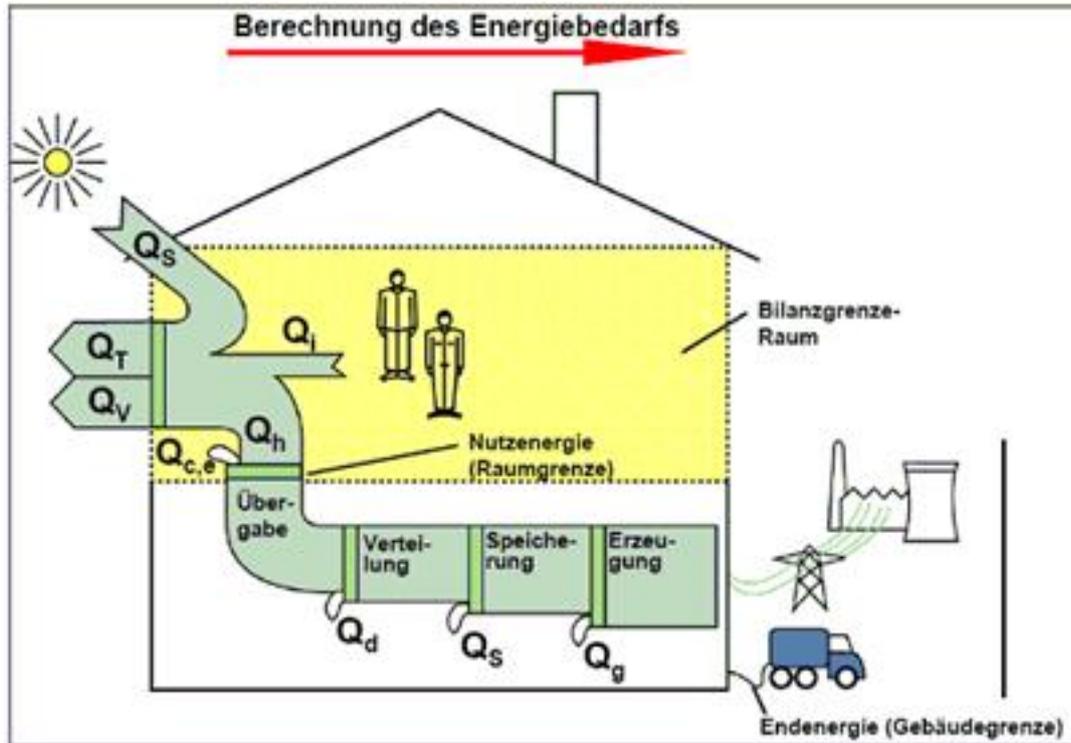


Abbildung 18 Berechnung des Energiebedarfs

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 (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.