



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

FÜR DIE TURNHALLE DES ALBERTUS- MAGNUS-GYMNASIUMS

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	11
3 Ausgangssituation	12
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES	12
3.2 FOTODOKUMENTATION	14
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	15
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
3.6 WÄRMEBRÜCKEN	21
3.7 ANLAGENTECHNIK	22
3.7.1 Heizungsanlage	22
3.7.2 Warmwasserversorgung	22
3.7.3 Beleuchtung	22
3.7.4 Lüftungstechnik	23
3.7.5 Solarthermie-Anlage	23
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG	23
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	23
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	24
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-, LICHTKUPPELN- UND TÜRENTAUSCH	31

4.3	SV 2: HYDRAULISCHER ABGLEICH	34
4.4	SV 3: ABLUFT-WÄRMEPUMPE	37
4.5	SV 4: PHOTOVOLTAIKANLAGE	41
4.6	SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION	44
4.6.1	Effizienzgebäudebetrachtung	48
5	Fazit	49
6	Anhang	50
A.1	GLOSSAR	50

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert) NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbig. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 20.12.2022)	12
Abbildung 2 3D-Ansicht Turnhalle.....	15
Abbildung 3 Nutzungszonen	16
Abbildung 4 Grundriss EG, zonierte.....	16
Abbildung 5 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	18
Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	19
Abbildung 7 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste	25
Abbildung 8 Energiebilanz des Gebäudes.....	26
Abbildung 9 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	26
Abbildung 10 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Turnhalle.....	27
Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	32
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	35
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	39
Abbildung 14 Übersichtsbild der geplanten PV-Anlage	41
Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	45
Abbildung 16 Berechnung des Energiebedarfs	51

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	13
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung	15
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	17
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	18
Tabelle 5 Gebäudekennwerte	20
Tabelle 6 Lüftungsanlagen des bewerteten Gebäudes	23
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	24
Tabelle 8 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung	24
Tabelle 9 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	25
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger	28
Tabelle 11 Bezugskosten nach Energieträger	28
Tabelle 12 Globale Daten zur Ökonomie.....	28
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	33
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1	33
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	36
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 2	36
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	40
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 3	40
Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	46
Tabelle 20 Einsparpotenzial, SV 5	46

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die Turnhalle des Albertus-Magnus-Gymnasiums in 26169 Friesoythe 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:

Ist-Zustand

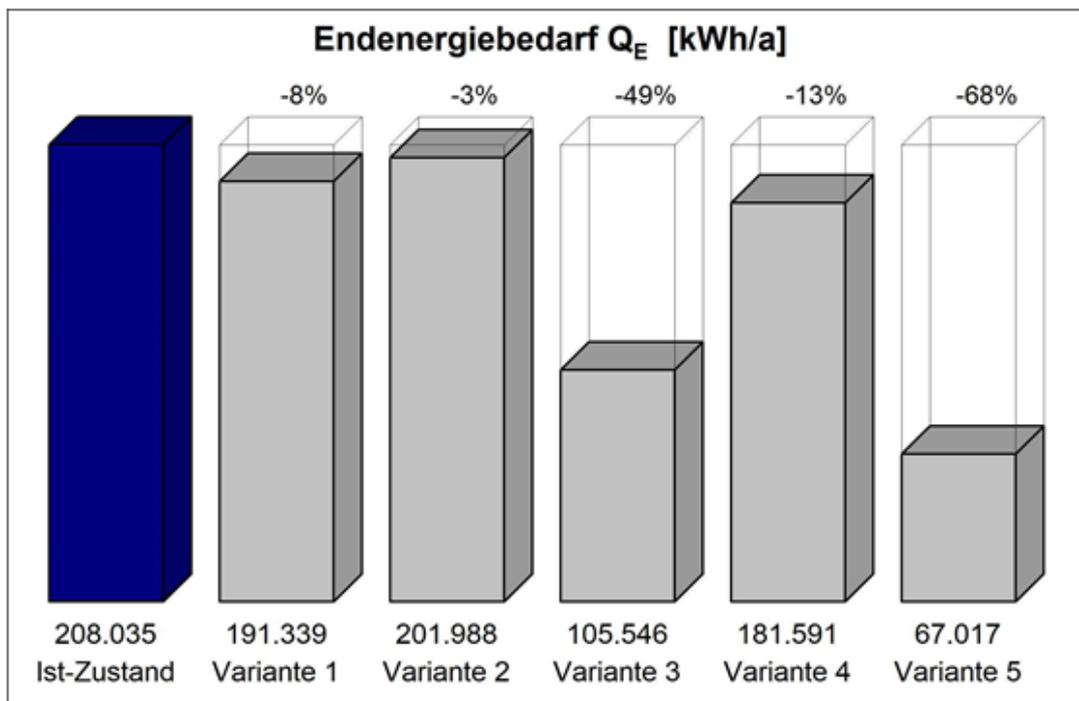
Var. 1 – Fenster- und Türentausch

Var. 2 – Hydraulischer Abgleich

Var. 3 – Abluft-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.

Ist-Zustand

Var. 1 – Fenster- und Türentausch

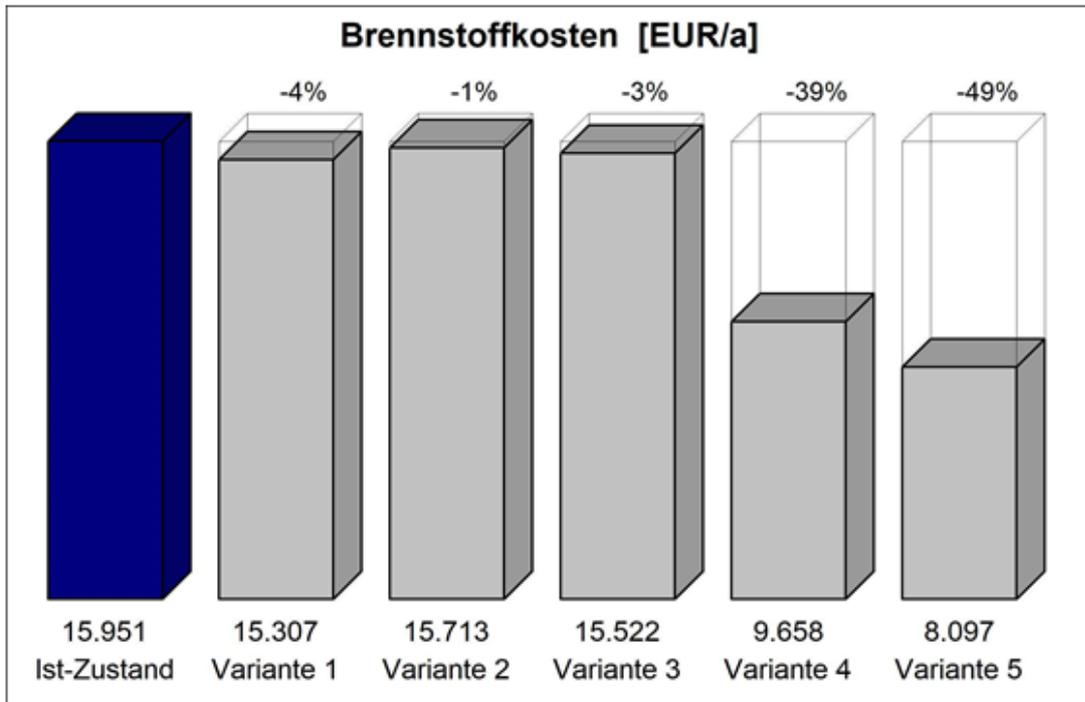
Var. 2 – Hydraulischer Abgleich

Var. 3 – Abluft-Wärmepumpe

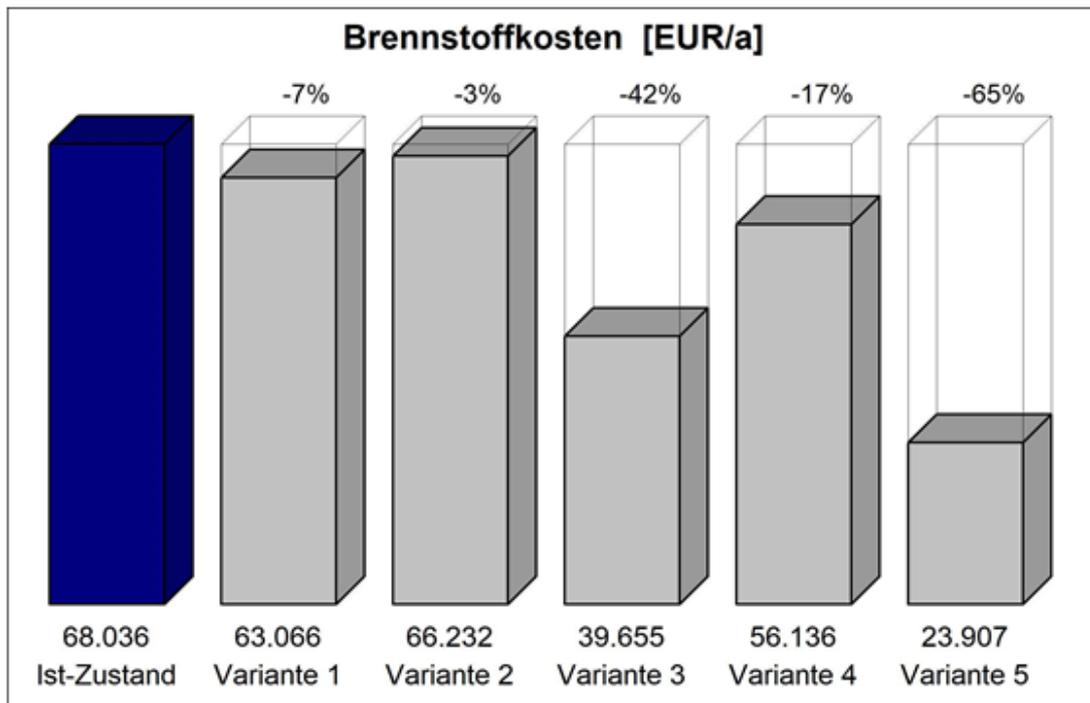
Var. 4 – PV-Anlage

Var. 5 – Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



Brennstoffkosten nach neuen Preisen:



2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

Wie in der Einleitung dieses Berichtes umrissen wird, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO₂-Ausstoß und Primärenergie. Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO₂-Ausstoß. Neben der CO₂-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO_x, SO₂ und Staub belastet. In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO₂-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

Ist-Zustand

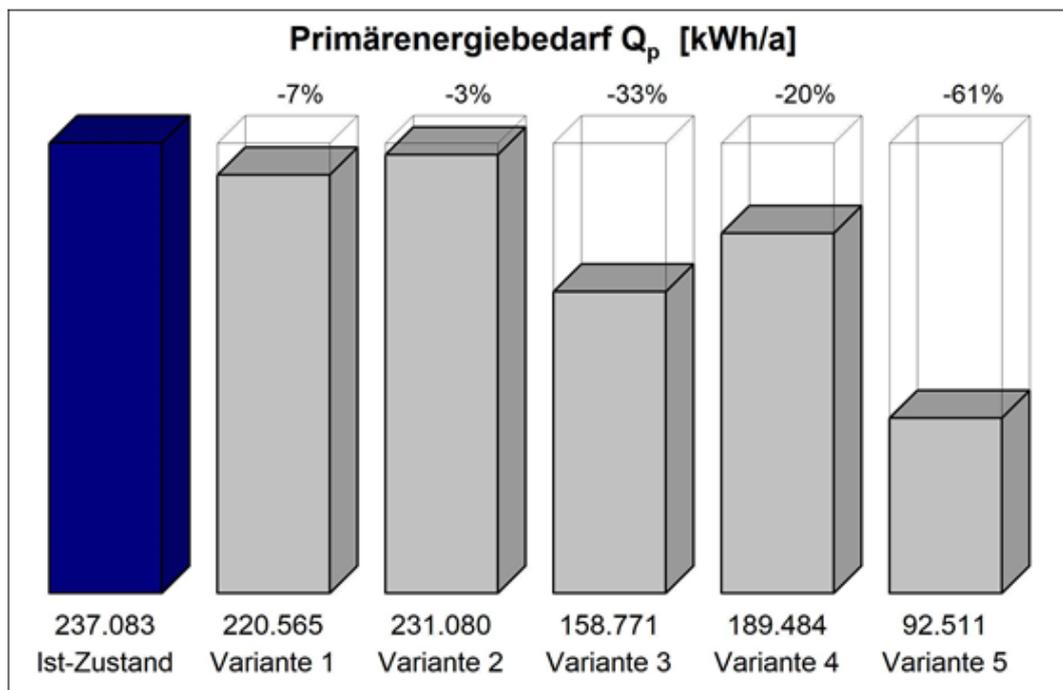
Var. 1 – Fenster- und Türentausch

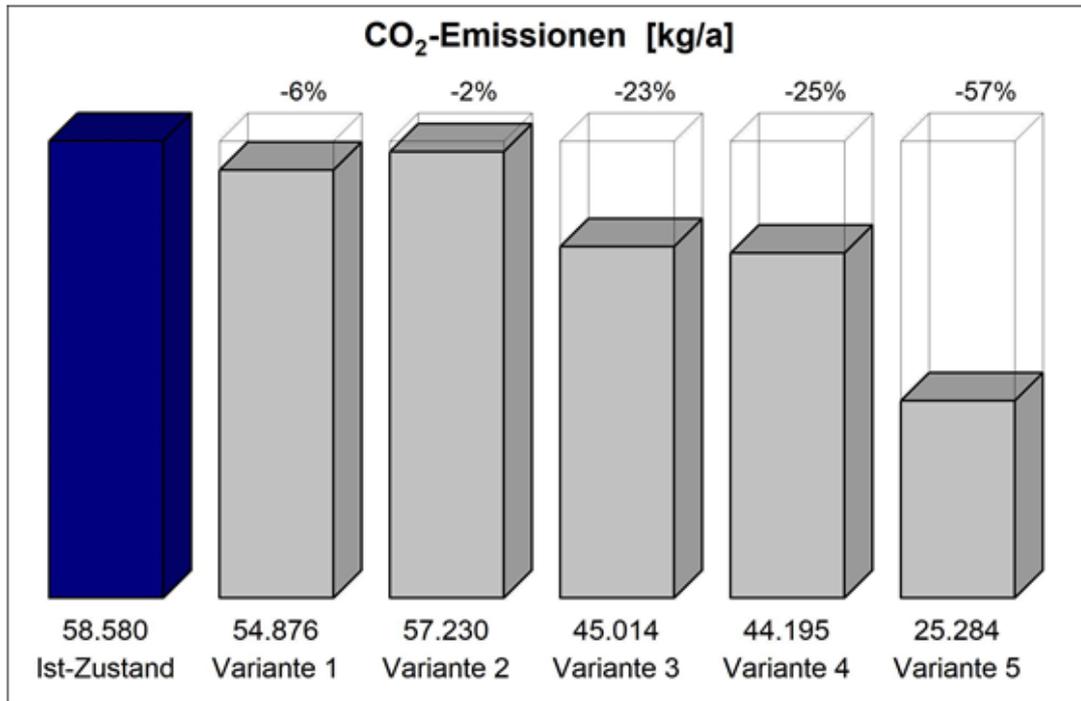
Var. 2 – Hydraulischer Abgleich

Var. 3 – Abluft-Wärmepumpe

Var. 4 – PV-Anlage

Var. 5 – Maßnahmenkombination





2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt. In den Kapiteln der jeweiligen Sanierungsvarianten werden die betrachteten Leistungen und Kosten genauer aufgeführt.

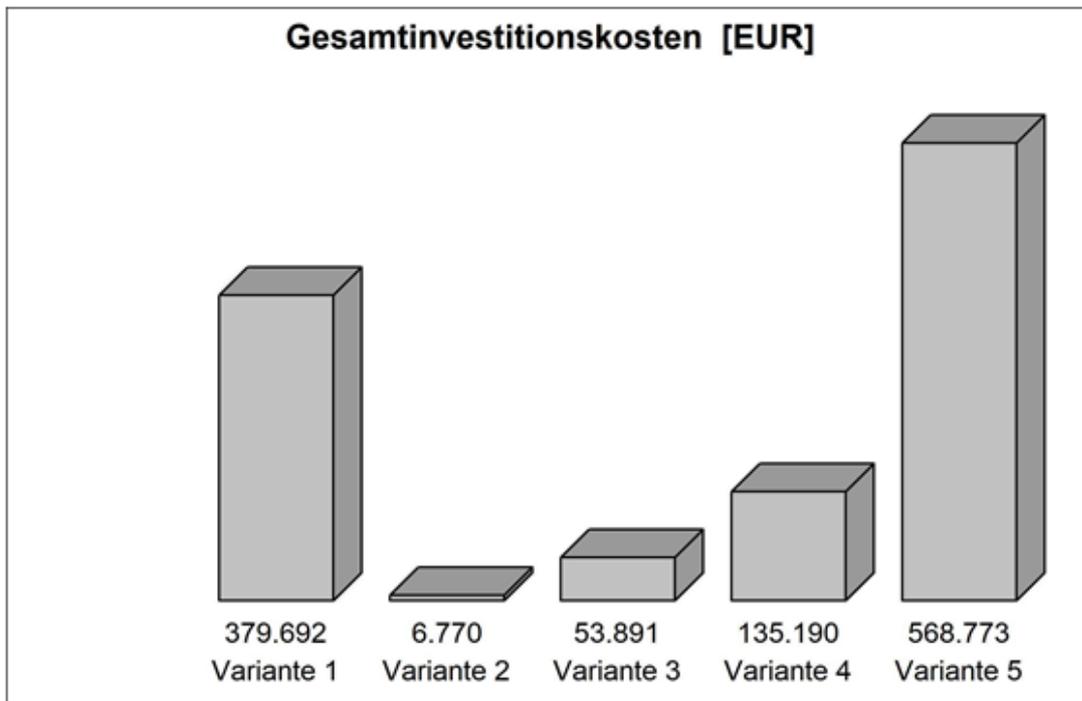
Var. 1 – Fenster- und Türentausch

Var. 2 – Hydraulischer Abgleich

Var. 3 – Abluft-Wärmepumpe

Var. 4 – PV-Anlage

Var. 5 – Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die Turnhalle des Albertus-Magnus-Gymnasiums liegt am Hansaplatz 4 in Friesoythe. Die Turnhalle wurde im Jahr 1970 als Massivbau errichtet. Im Jahre 2010 wurde die Außenfassade mit 14 cm Steinwolldämmplatten saniert. Der niedrige Teil der Turnhalle, in dem die Geräte-räume und Umkleiden mit Duschen vorhanden sind, ist mit einer roten Klinkerfassade verkleidet. Der höhere Teil der Turnhalle, der den Hallenbereich umfasst, enthält als Verkleidung Aluminium-Verbundpaneele. 2007 und 2009 wurden die Dachflächen über den Geräte-räumen und Umkleiden neu eingedeckt und gedämmt. 2014 wurde das Dach des Hallenbereichs mit 20 cm mineralischen Faserdämmstoff (WLG 035) saniert. Im selben Jahr wurde eine präsenz- und tageslichtabhängige LED-Beleuchtung eingebaut. 2016 wurde der gesamte Umkleidebereich der Sporthalle umgebaut und saniert.

Die Heizungsanlage der Turnhalle wurde 2008 erneuert. Die Turnhalle wird über den Gas-Brennwertkessel Vitocrossal 200 CM2 von Viessmann versorgt, welcher eine Nennleistung von 285 kW besitzt. Zusätzlich sind zwei Warmwasserspeicher mit einem Volumen von jeweils 750 Litern vorhanden. Zudem verfügt die Turnhalle über vier Lüftungsanlagen. Damit werden die Sporthalle und die drei Umkleiden versorgt. Die Lüftungsanlage für die Sporthalle, Baujahr 2009, weist eine Leistung von 4.500 m³/h auf und hat einen Erhitzer mit einer Leistung von 62 kW. Die Anlagen für die Umkleiden sind aus 2016 und weisen jeweils eine Leistung von 1.500 m³/h auf. Zusätzlich enthalten diese eine Wärmerückgewinnung.

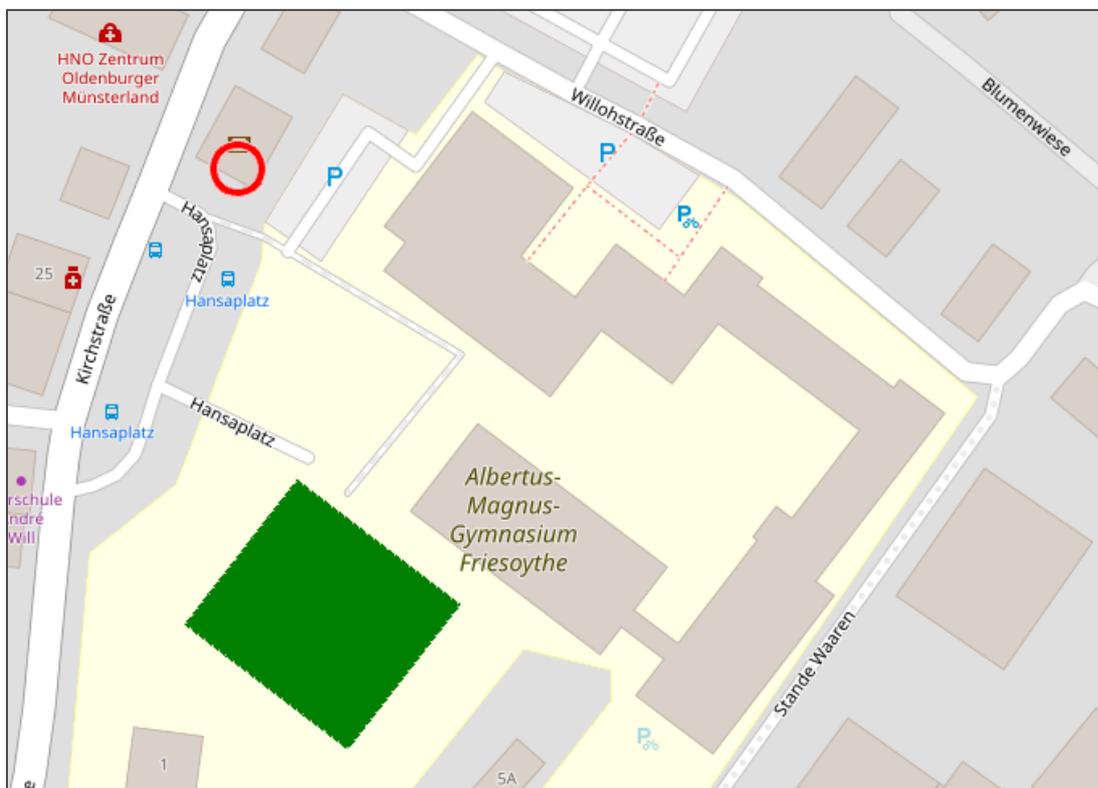


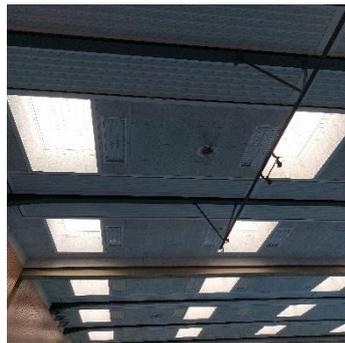
Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)
NIBIS® Kartenserver (2021): Grundkarte OpenStreetMap Welt farbige. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover (abgerufen am 20.12.2022)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Turnhalle Albertus-Magnus-Gymnasium
Gebäudetyp	Sporthalle
Straße, Hausnr.	Hansaplatz 4
PLZ, Ort	26169 Friesoythe
Baujahr	1970
Beheiztes Gebäudevolumen V	13.907 m ³
Nettogrundfläche ANGF	1.649 m ²
Thermische Hüllfläche	4.853 m ²
Mittlere Geschosshöhe	ca. 4 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.

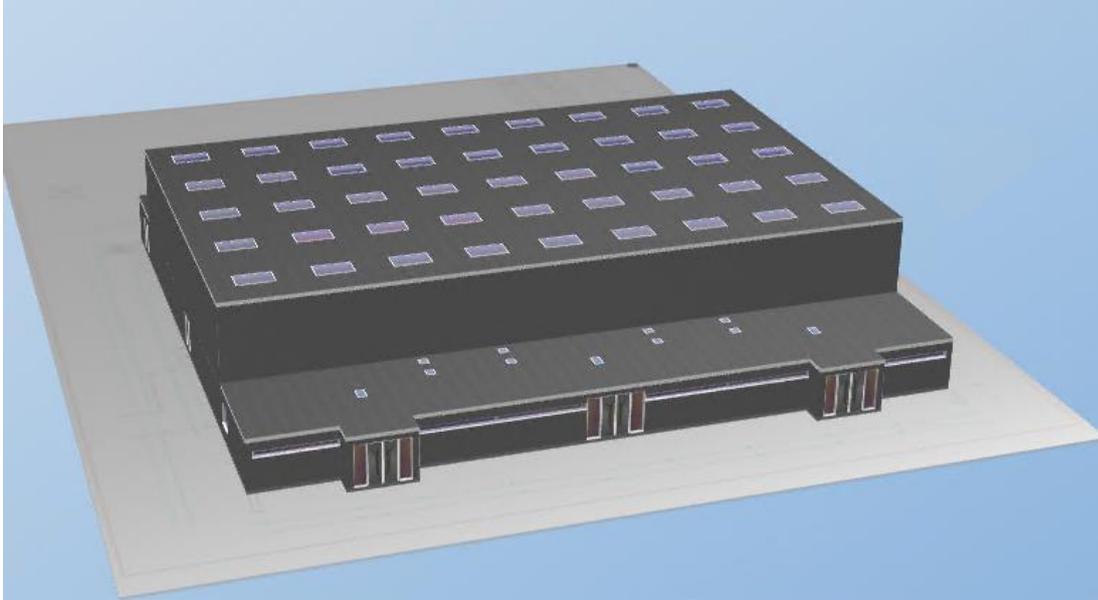


Abbildung 2 3D-Ansicht Turnhalle

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

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Thermische Konditionierung	RLT	Beleuchtung	Größe in m²	Anteilige Größe der Zone in %
Sporthalle	beheizt	Lüftungsanlage mit elektrischem Erhitzer (62 kW)	LED-Leuchten	1.147	69,6
WC- und Sanitärräume	beheizt	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	LED-Leuchten	186	11,3
Verkehrsfläche	beheizt		LED-Leuchten	97	5,9
Lager	beheizt		LED-Leuchten	218	13,2
Summe				1.649	100

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

	Lager
	Sporthalle
	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
	Verkehrsfläche

Abbildung 3 Nutzungszonen

In der folgenden Abbildung ist der zonierte Grundriss zu sehen:

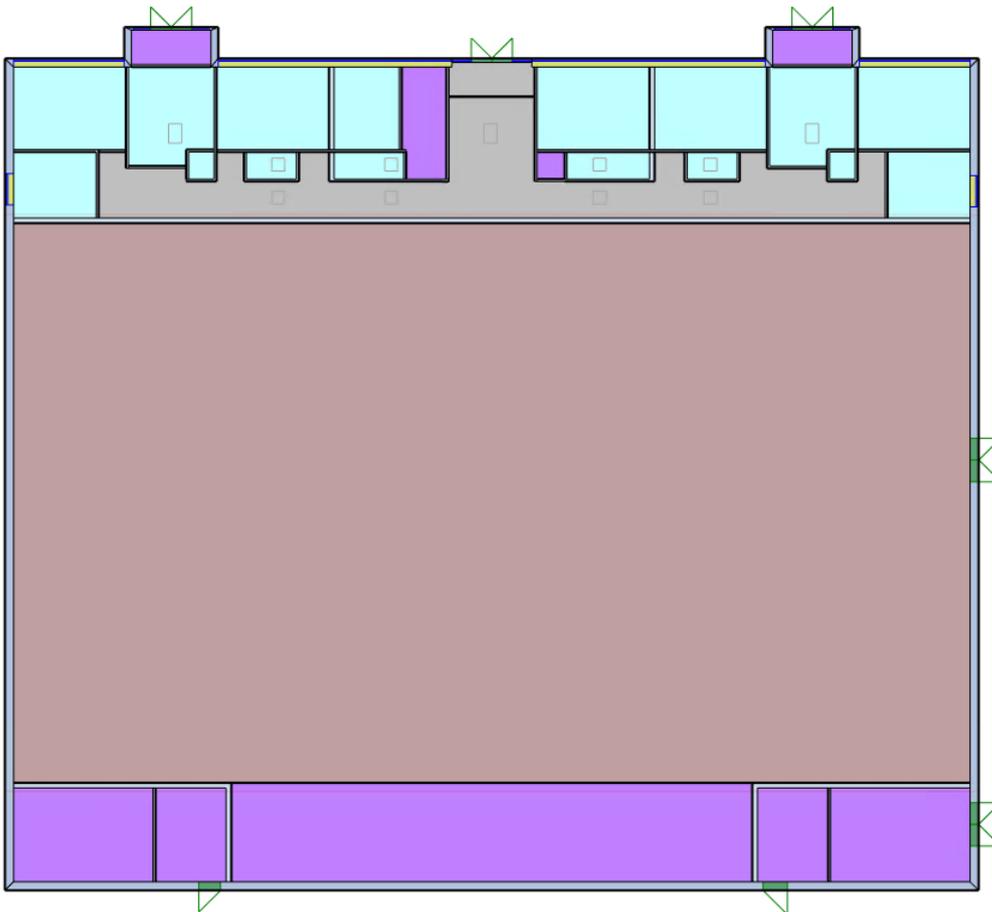


Abbildung 4 Grundriss EG, zoniert

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

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

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

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

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der Jahre 2016 bis 2018 für die Turnhalle des Albertus-Magnus-Gymnasiums dargestellt. Informationen zu den Verbräuchen für die Jahre 2019 bis 2022 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht vor.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2016	2017	2018	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	125.261	151.887	163.142	146.763
Verhältnis GTZ zu lanj. Mittel [-]	1,07	1,10	1,14	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	133.686	167.311	185.642	162.213
Strom [kWh/a]	17.055	34.263	30.011	27.110
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	150.741	201.574	215.653	189.323
Wasser [m ³ /a]	182	332	219	244

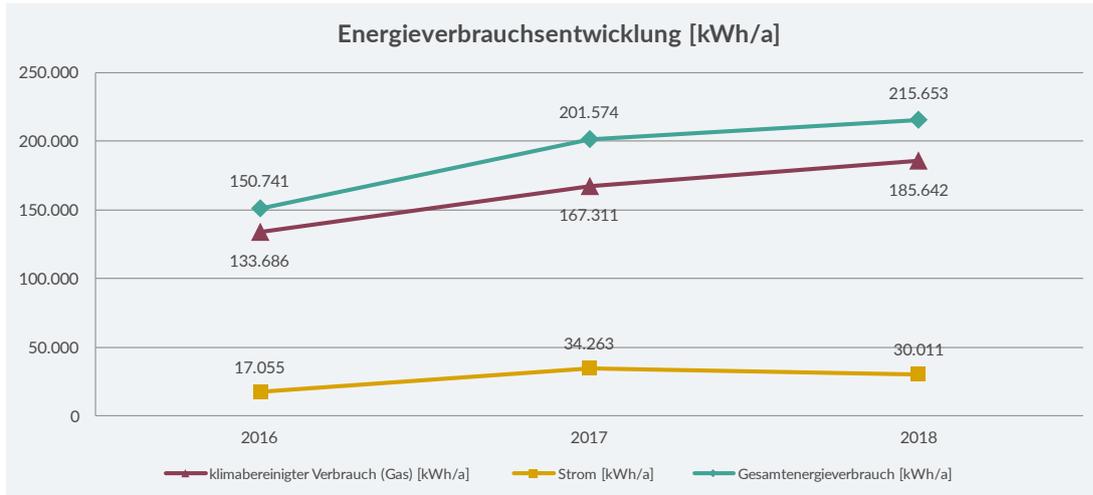


Abbildung 5 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

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 Turnhalle mit insgesamt 1.649 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Turnhallen / Sporthallen	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	7	16	23
Wärme	64	98	129
Wasser	77	148	230

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

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

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

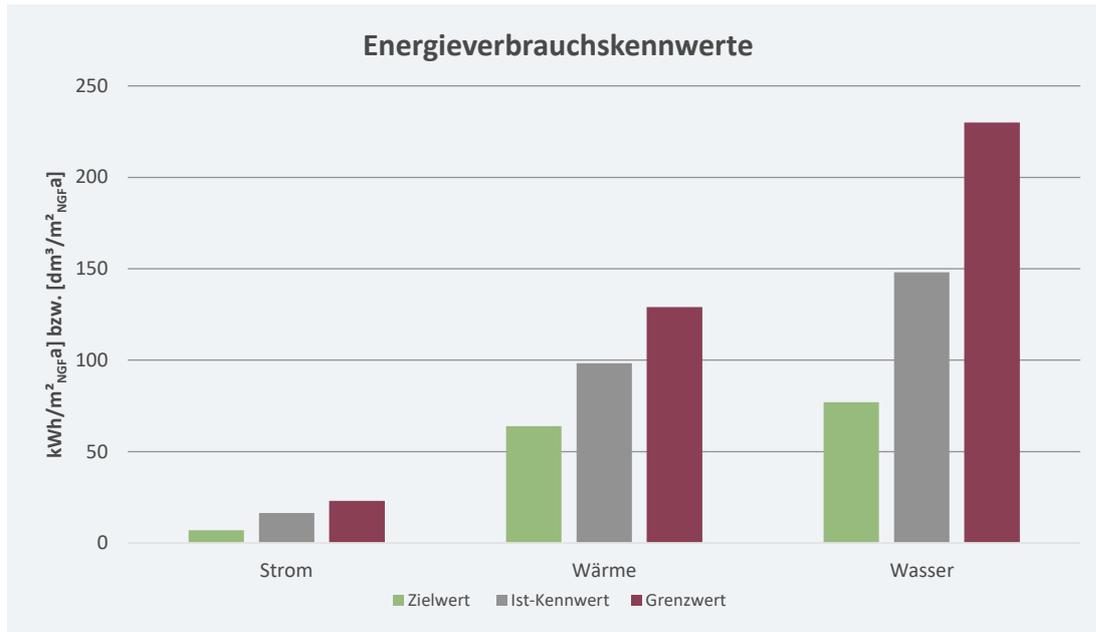


Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Hervorzuheben ist, dass die Energieverbrauchskennwerte zwischen den Ziel- und Grenzwerten liegen. Zurückzuführen ist dies auf die bereits durchgeführten Sanierungsmaßnahmen an der Turnhalle. Dennoch ist der Verbrauch stark nutzerabhängig. In Tabelle 3 und in Abbildung 5 ist zu erkennen, dass trotz durchgeführter Sanierungsmaßnahmen, die Wärmeverbräuche über die drei Jahre gestiegen sind. Ein Grund dafür könnte die Erhöhung der Temperaturen durch den Nutzer sein.

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	1,20	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Traufwand	0,28	0,24	0,20
Giebelwand	0,30	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Flachdach Umkleide- und Gerätebereich	0,20	0,20	0,14
Flachdach Hallenbereich	0,25	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Fenster Schülerumkleiden	1,90	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 Uw-Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

⁵ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der GEG 2020 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet.

⁶ Die Mindestanforderungen an U-Werte für BEG-Förderung gelten nicht für die Förderung von Neubau und Sanierung von Effizienzgebäuden gem. BEG-Richtlinie (BEG NWG). Die Anforderungen Stand September 2021 können jederzeit aktualisiert werden.

Fenster Lehrerumkleiden	2,70	1,30	0,95
Lichtkuppeln	3,00	2,70	1,50
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	3,50-4,00	1,80	1,30

3.6 WÄRMEBRÜCKEN

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

Bei der Planung und Ausführung von baulichen Maßnahmen an der Gebäudehülle sollte daher besonders auf die Beseitigung bestehender Wärmebrücken und die Vermeidung neuer Wärmebrücken geachtet werden. Zur Identifizierung von bestehenden Wärmebrücken könnte eine Prüfung mittels einer Wärmebildkamera durchgeführt werden.

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

<i>Erzeugung 1</i>	<i>Gas-Brennwertkessel Viessmann Vitocrossal 200</i> <i>Energieträger Erdgas</i> <i>Baujahr 2008</i> <i>285 kW Nennleistung</i>
<i>Speicher</i>	<i>Viessmann Vitocell 100-L und Vitocell 100-V</i> <i>Je 750 L Nennvolumen</i>
<i>Solarthermie</i>	<i>Röhrenkollektor</i> <i>Ca. 27 m²</i> <i>Inbetriebnahme 2009</i>

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt über die Heizungsanlage (Brennwertkessel) und über die auf dem Dach der Turnhalle installierte Solarthermie. Zusätzlich kommen zwei Warmwasserspeicher zum Einsatz, die jeweils ein Nennvolumen von 750 Litern aufweisen.

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt überwiegend durch LED-Leuchten mit Präsenzmeldern und einer tagelichtabhängigen Steuerung (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

Nachfolgend sind die einzelnen Lüftungsanlagen der Turnhalle mit der jeweiligen versorgten Zone und dem maximalen Volumenstrom aufgelistet. Die Lüftungsanlage der Sporthalle ist aus 2009 und die Lüftungsanlagen für die Umkleidekabinen sind aus dem Jahr 2016.

Tabelle 6 Lüftungsanlagen des bewerteten Gebäudes

Bezeichnung	Volumenstrom [m³/h]	WRG	Wärmeleistung Erhitzer [kW]	Versorgte Zone
Lüftung Sporthalle	4.500	-	62,0	Sporthalle
Lüftung Umkleide mitte	1.500	Ja	-	WC- und Sanitär- räume (Umkleide)
Lüftung Umkleide links	1.500	Ja	-	WC- und Sanitär- räume (Umkleide)
Lüftung Umkleide rechts	1.500	Ja	-	WC- und Sanitär- räume (Umkleide)

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.

3.7.5 Solarthermie-Anlage

Auf dem Flachdach des Hallenbereichs wurde 2009 eine Solarthermieanlage, als Röhrenkollektoranlage, in Betrieb genommen. Sie ist nach süd-ost ausgerichtet und hat eine ungefähre Kollektorfläche von 27 m².

3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG

3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

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

Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599

Energiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	211,32
Endenergiebedarf Warmwasser	3,55
Beleuchtungsstrom	5,15
Strom für die Lüftungsanlagen	16,20

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. Trotzdem sind jedoch, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 30 % durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

Tabelle 8 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

Energiebedarfskennwerte des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	115,25
Endenergiebedarf Warmwasser	2,16
Beleuchtungsstrom	1,82
Strom für die Lüftungsanlage	6,91

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) –

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

sowie der Lüftungsverluste können Sie der nachfolgenden Tabelle und den Diagrammen entnehmen.

Tabelle 9 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	21.236	16,1
Außenwand	29.604	22,5
Fenster	35.703	27,1
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	45.154	34,3
Gesamt	131.697	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	55.148	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt (Heizung + Warmwasser)	56.076	100,0

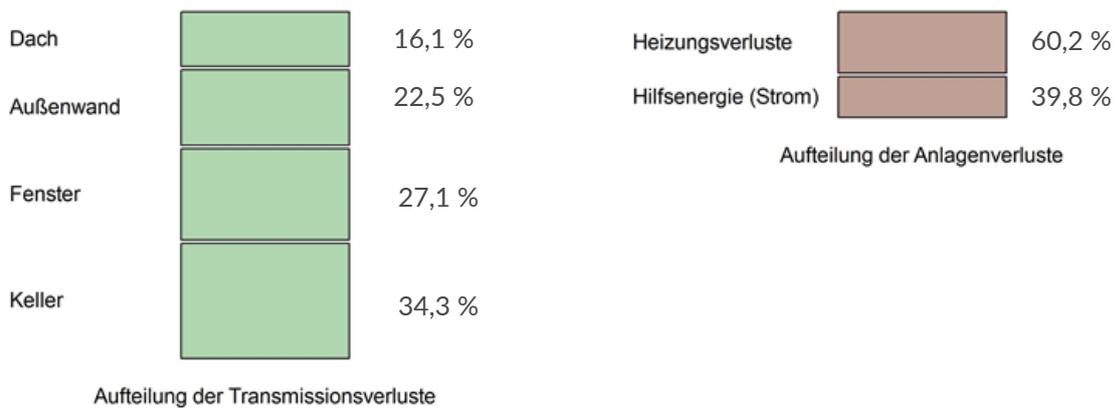


Abbildung 7 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

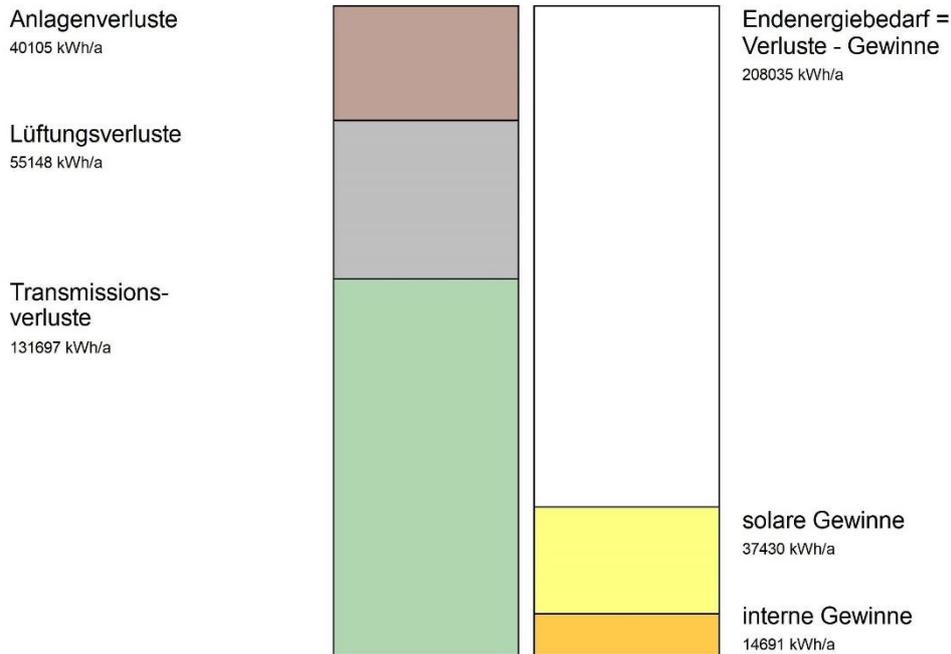


Abbildung 8 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m^2 Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser $144 \text{ kWh}/m^2a$.

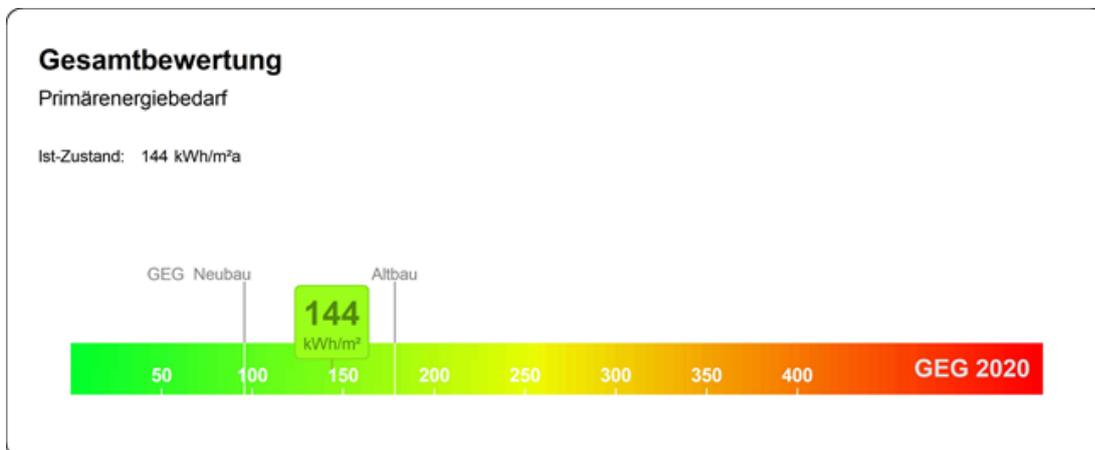


Abbildung 9 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der energetische Ist-Zustand der Turnhalle ist durch die Sanierungen entsprechend gut, jedoch nicht auf dem Stand eines Effizienzgebäudestandards. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf Q_P (kWh/m^2a), den mittleren U-Wert opaker Bauteile (W/m^2K) und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile (W/m^2K). Die berechneten Werte sind entscheidend bei der Erreichung eines Effizienzhausstandards.

Da die in dieser Berechnung dargestellten Ergebnisse aufgrund der Anpassung an den Endenergieverbrauch (vgl. Kap. 3.8.1) von der DIN abweichen, muss für eine Betrachtung im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) zum Nachweis eines EG-Standards die Berechnung wieder an die Norm angepasst werden. Das bedeutet, dass eine Anpassung der

Berechnung u. a. der Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens durchgeführt werden muss. Daher ist der Primärenergiebedarf in dieser Ansicht deutlich höher als in der vorherigen.

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_{p}	kWh/m ² a	283,1	❑ 227,0	162,1	❑ 64,9	❑ 89,2	❑ 113,5	❑ 162,1	❑ 259,4
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,38	✅ 0,56		❑ 0,18	❑ 0,22	❑ 0,26	❑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	2,8	❑ 2,7		❑ 1,0	❑ 1,2	❑ 1,4	❑ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	3,7	✅ 4,3		❑ 1,6	❑ 2,0	❑ 2,4	❑ 3,0	

Abbildung 10 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand der Turnhalle

Aus Abbildung 10 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 10 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg. Da diese Werte deutlich niedriger sind, als aktuelle, ortsübliche Tarife, sind in Tabelle 11 Werte aus aktuellen Tarifen abgebildet. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 10 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 11 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 12 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-, Lichtkuppeln- und Türentausch

Var. 2 – Hydraulischer Abgleich

Var. 3 – Abluft-Wärmepumpe

Var. 4 – PV-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. 5) kann der Effizienzgebäude-Standard nicht erreicht werden. Für Details siehe Kap. 0.

4.2 SV 1: FENSTER-, LICHTKUPPELN- UND TÜRENTAUSCH

Das Gebäude besitzt zweifach-verglaste Holz- und Aluminiumfenster und Lichtkuppeln auf den Flachdächern. Der aktuelle U_w -Wert für Fenster nach dem GEG beträgt $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ bzw. $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Lichtkuppeln. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Fenster und ein U-Wert von $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Lichtkuppeln 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. Da die Lichtkuppeln im Zuge der Dachsanierungen erneuert wurden, werden in dieser Sanierungsvariante die Oberschalen ausgetauscht, um einen mittleren U-Wert von $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Lichtkuppeln zu erreichen. Die bestehenden Außentüren werden ebenfalls durch neue Türanlagen mit einem U_w -Wert von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt.

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	27,67		
Alu-Einzelfenster inkl. Einbau	1.143,94		
Einzelfenster gesamt	1.200	32,11	38.532
Lichtkuppeln Rückbau	125,05		
Lichtkuppeln inkl. Einbau	1.393,29		
Lichtkuppeln gesamt	1.600	172,2	275.520
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2.068,43		
Außentüren	2.150	30,53	65.640
Gesamtausgaben			379.692

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

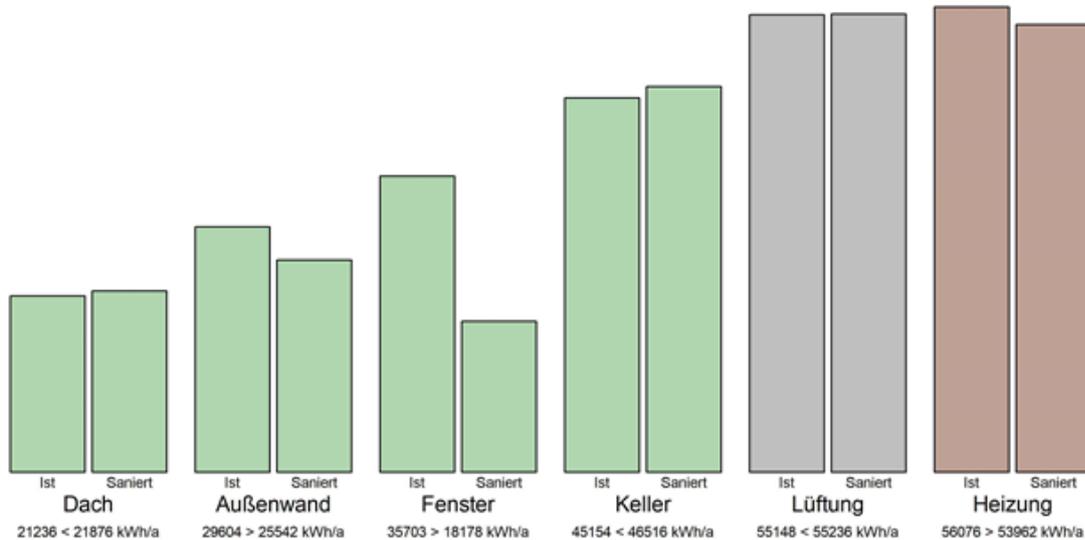
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

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 56.954 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **8 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 208.035 kWh/Jahr reduziert sich auf 191.339 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 16.696 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.704 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 134 kWh/m² pro Jahr.

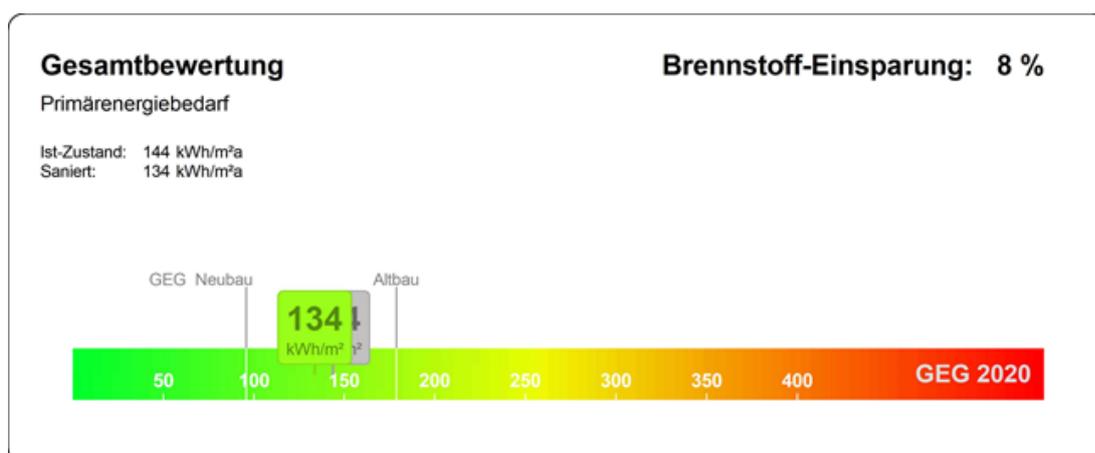


Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	379.692 EUR
Mögliche Fördermittel	56.954 EUR

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

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

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	19.372	19.372
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	27.308	112.514
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	46.680	131.886
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	28.458	121.381
<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 sowohl unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise als auch unter Annahme realistischer Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken.

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: HYDRAULISCHER ABGLEICH

In dieser Variante soll ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Hierzu wird die Heizlast der Turnhalle entsprechend der Norm ermittelt. Entsprechend der errechneten Werten wird ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Mittels der Heizkörper- und Strangreguliertventile werden die ermittelten Volumenströme einreguliert. Ebenfalls ist der Einbau von smarten Einzelraumregelungen geplant.

Hierfür ist es evtl. erforderlich alte 2K Heizkörperventile gegen neue 1K-Ventile auszutauschen. Evtl. werden noch zusätzliche Strangreguliertventile eingebaut. Diese Kosten wurden bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mitberücksichtigt.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Summe [€]
Hydraulischer Abgleich	3.935
Erneuerung Regelventile (ohne Hallenbereich)	2.835
Gesamtausgaben	6.770

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
Hydraulischer Abgleich	Aufmaß aller Räume und Heizkörper, Pumpenbemessung, Vorlauftemperaturberechnung, Berechnung der Einstellparameter für voreinstellbare Regelventile, Einstellung der Parameter vor Ort
Erneuerung Regelventile	Neue Regelventile, ggf. notwendige geringe Anpassungen am hydraulischen System, Lohnkosten

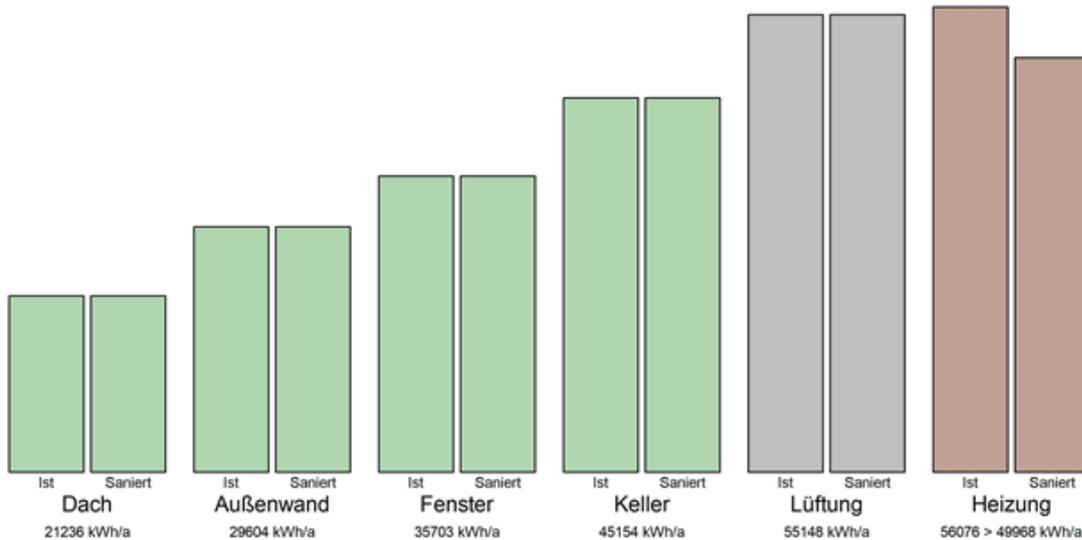
BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

Info	Gefördert wird der Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes, wie beispielsweise einer energieeffizienten raumlufthechnischen 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 über 15% von 1.016 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

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 208.035 kWh/Jahr reduziert sich auf 201.988 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6.047 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.350 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 140 kWh/m² pro Jahr.

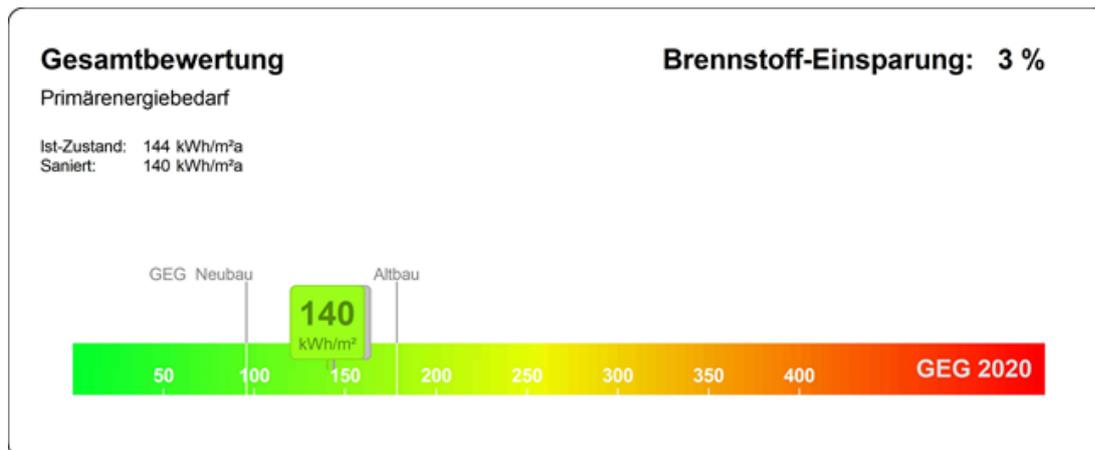


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	6.770 EUR
Mögliche Fördermittel	1.016 EUR

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

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

Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 2

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
Kapitalkosten	455	455
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	23.415	98.697
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	23.870	99.152
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	23.770	101.385
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	Keine Einsparung	2.233
Amortisationszeit	-	4 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 nach 4 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: ABLUFT-WÄRMEPUMPE

Ergänzend zu der aktuellen Heizungstechnik, bestehend aus einem Gas-Brennwertkessel, wird eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt. Sie wird im Heizungsraum aufgestellt, um von der Abwärme der bestehenden Anlagentechnik zu profitieren. So kann die Luft-Wasser-Wärmepumpe bei einer konstant hohen Außentemperatur betrieben werden, um Raumwärme und Warmwasser bereitzustellen. Zusätzlich wird ein Heizungs-Pufferspeicher mit einem Nennvolumen von 1.000 Litern installiert. Vorgesehen wird eine Leistung der Wärmepumpe von 50 kW und eine Vorlauftemperatur von 55°C. Hierdurch können bis zu 77 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Damit die Abwärme der Heizungstechnik ausgenutzt werden kann, bleibt der Gas-Brennwertkessel zur Unterstützung im Betrieb.

Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe nutzt die Energie der Umwelt, um das Gebäude CO₂-sparend zu beheizen. Sie entzieht der Außenluft thermische Energie und überträgt diese als Nutzwärme in das Gebäude. Für die Dimensionierung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und die Umsetzung dieser Maßnahme ist ein Fachplanungsbüro hinzuzuziehen. Für eine korrekte Dimensionierung ist vorher eine Heizlastberechnung dringend erforderlich. Die im Bestand befindlichen Verbraucherkreise bleiben erhalten und werden an neu zu erstellende Heizkreisverteiler angebunden. Nach Einbindung der Wärmepumpe, wird ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Da eine Wärmepumpe den Strombedarf erhöht, kann diese Maßnahme sinnvoll mit der Installation einer PV-Anlage kombiniert werden (Variante 4).

	Preis (inkl. 25% Preissteigerung seit 06.21)	
Luft-Wasser-Wärmepumpe + Heizungs-puffer-speicher	47.117	50 kW und 1000L
Hydraulischer Abgleich	3.939	
Erneuerung Regelventile (ohne Hallenbereich)	2.835	
Gesamtausgaben	53.891	

Die Preise stammen für die Wärmepumpe von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 06.12.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Die Preise für den hydraulischen Abgleich sowie für die neuen Regelventile beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen (siehe Variante 2). Für Fenster teilen sich die Investitionskosten folgendermaßen auf:

Maßnahme	Enthaltene Leistungen
Luft-Wasser-Wärme-pumpe	Wärmeerzeuger, Lieferung, Montage, Hilfsaggregate, thermische und elektrische Einbindung, Heizungs-Pufferspeicher, Inbetriebnahme, Lohnkosten.
Hydraulischer Abgleich	Siehe Variante 2
Erneuerung Regelventile	Siehe Variante 2

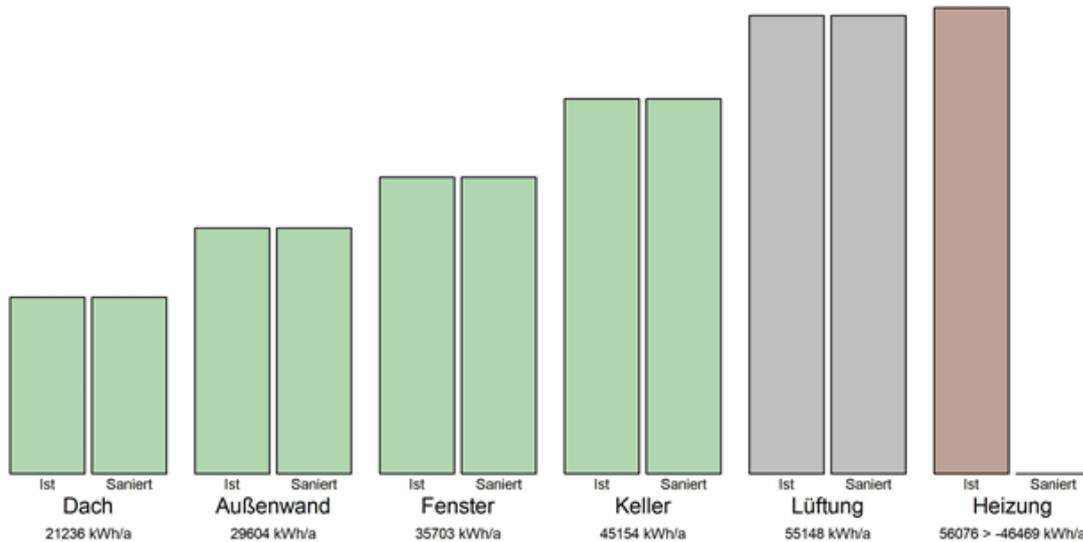
BEG EM - Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

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 16.167 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **49 %**. 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 208.035 kWh/Jahr reduziert sich auf 105.546 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 102.489 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 13.566 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 96 kWh/m² pro Jahr.

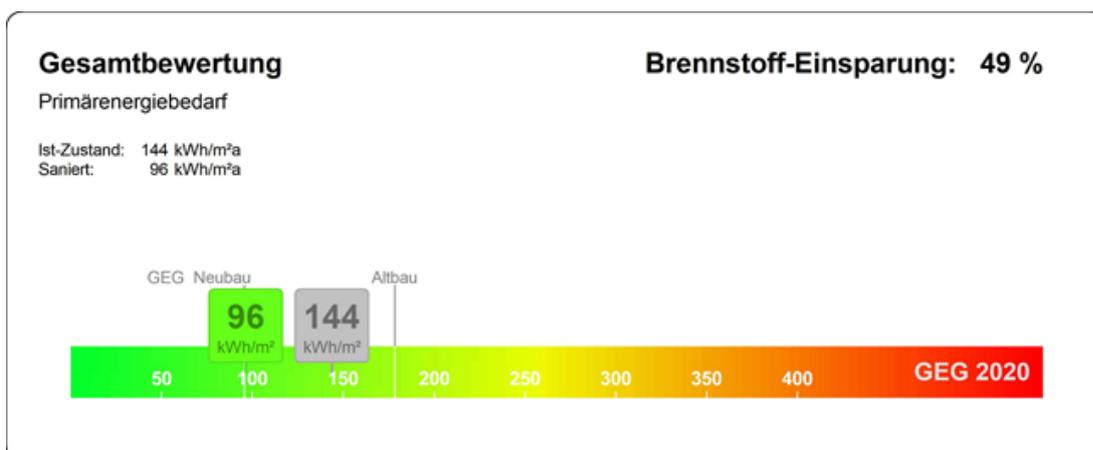


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	53.891 EUR
Mögliche Fördermittel	16.167 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 18 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	3.622	3.622
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	23.131	59.093
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	26.753	62.715
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	23.770	101.385
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>38.670</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>2 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 realistischen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 2 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: PHOTOVOLTAIKANLAGE

In dieser Variante wird eine nach süd-ost und nord-west ausgerichtete PV-Anlage mit einer Generatorleistung von 106,6 kWp und einem Batteriespeicher mit 21 kWh Speicherkapazität installiert. Der Eigenstromverbrauchsanteil liegt bei 16,4 % und der Autarkiegrad bei 59,1 %. Die Anlage wird auf dem Flachdach des Hallenbereich mit einer Neigung von 10° installiert. Die Modulfläche würde mit 260 PV-Modulen 519,2 m² betragen.

Für diese PV-Anlage wurde der Stromverbrauch der Jahre 2016 bis 2018 betrachtet. Im Mittel liegt dieser bei ca. 27.110 kWh jährlich. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Voraussetzung ist, dass das Dach zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich).

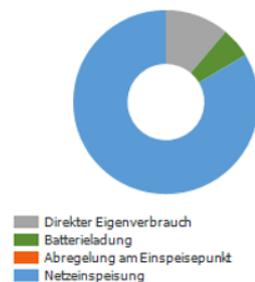


Abbildung 14 Übersichtsbild der geplanten PV-Anlage

PV-Anlage

PV-Generatorleistung	106,60 kWp
Spez. Jahresertrag	939,02 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	91,82 %
Ertragsminderung durch Abschattung	1,0 %/Jahr
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	100.108 kWh/Jahr
Direkter Eigenverbrauch	11.159 kWh/Jahr
Batterieladung	5.305 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	83.644 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	16,4 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	46.836 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)



Verbraucher

Verbraucher	27.110 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	9 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	27.119 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	11.159 kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	4.878 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	11.081 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	59,1 %

Gesamtverbrauch



Batteriesystem

Ladung am Anfang	21 kWh
Batterieladung (Gesamt)	5.307 kWh/Jahr
Batterieladung (PV-Anlage)	5.305 kWh/Jahr
Batterieladung (Netz)	2 kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	4.880 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	353 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	95 kWh/Jahr
Zyklenbelastung	5,1 %
Lebensdauer	20 Jahre

Batterieladung (Gesamt)



Autarkiegrad

Gesamtverbrauch	27.119 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	11.081 kWh/Jahr
Autarkiegrad	59,1 %

Wirtschaftliche Kenngrößen

Gesamtkapitalrendite	0,00 %
Kumulierter Cashflow	57.208,14 €
Amortisationsdauer	14,5 Jahre
Stromgestehungskosten	0,1303 €/kWh

Zahlungsübersicht

spezifische Investitionskosten	1.268,20 €/kWp
Investitionskosten	135.190,00 €
PV-Anlage	122.590,00 €
Batteriespeicher	12.600,00 €

Vergütung und Ersparnisse

Gesamtvergütung im ersten Jahr	5.045,31 €/Jahr
Ersparnisse im ersten Jahr	3.814,85 €/Jahr

EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen

Gültigkeit	07.12.2022 - 31.12.2042
Spezifische Einspeisevergütung	0,0603 €/kWh
Einspeisevergütung	5045,3057 €/Jahr

LK Cloppenburg (Example)

Arbeitspreis	0,238 €/kWh
Grundpreis	50 €/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.

4.6 SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Fenster-, Lichtkuppeln- und Türentausch

Var. 3 – Abluft-Wärmepumpe (mit hydraulischem Abgleich enthalten)

Var. 4 – PV-Anlage

kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO₂-Emissionen eingespart werden.

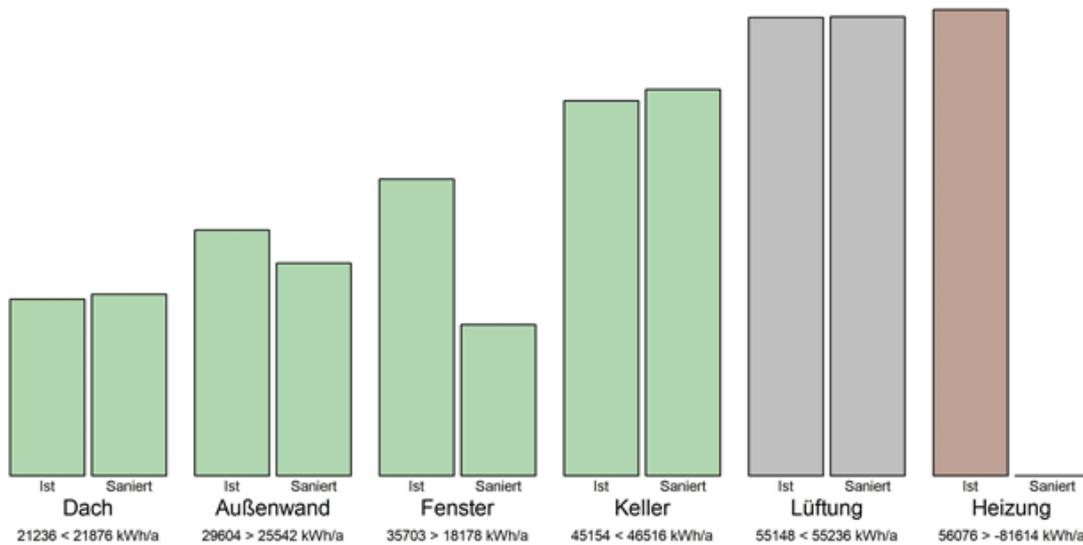
Für die beschriebenen Sanierungsvarianten können jeweils als Einzelmaßnahme Fördermittel aus der BEG EM beantragt werden.

<i>Fördermöglichkeiten</i>				
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>
Var. 1 <i>Fenster-, Lichtkuppeln- und Türentausch</i>	BEG EM	379.692	15	bis zu 56.954
Var. 3 <i>Abluft-Wärmepumpe</i>	BEG EM	53.891	15	bis zu 16.167
Var. 4 <i>PV-Anlage</i>	-	135.190	-	-
Summe		568.773		bis zu 73.121

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 73.121 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 68 %. 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 208.035 kWh/Jahr reduziert sich auf 67.017 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 141.018 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO2-Emissionen werden um 33.296 kg CO2/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 56 kWh/m² pro Jahr.

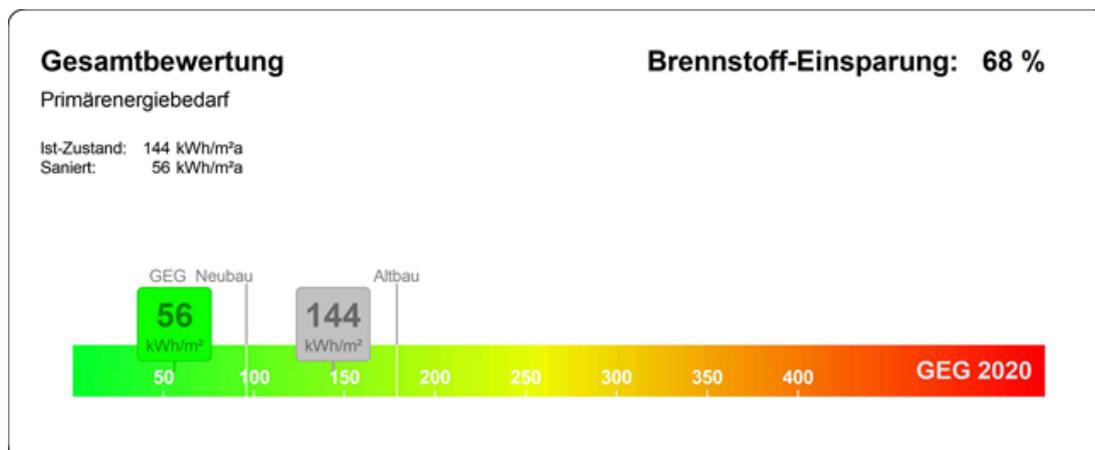


Abbildung 15 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	568.773 EUR
Mögliche Fördermittel	73.121 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 20 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	35.112	35.112
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	14.446	42.652
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	49.558	77.764
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	28.458	121.381
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	<i>Keine Einsparung</i>	<i>43.617</i>
<i>Amortisationszeit</i>	<i>-</i>	<i>13 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 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme 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.

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
Wirtschaftlichkeitsberechnung	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	35.112
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	32.287
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	67.399
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	73.816
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	6.417
Amortisationszeit	29 Jahre

4.6.1 Effizienzgebäudebetrachtung

In dieser Variante werden die zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen kombiniert. Zudem werden die für die Berechnung vorgenommen Anpassungen (Raumtemperaturen, Nutzungszeiten, Lüftungsverhalten) an den Energieverbrauch rückgängig gemacht und wieder an die Vorgaben der DIN V 18599 angeglichen. Dadurch erhöht sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes deutlich. Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen wird ein Effizienzgebäude-Standard nicht erreicht. Der Primärenergiebedarf und der mittlere U-Wert opaker Bauteile wären trotz vorgeschlagener Maßnahmen zu hoch.

Zum Verringern des mittleren U-Wertes opaker Bauteile würde eine nachträgliche Dämmung der in den letzten Jahren bereits sanierten Dach- und Außenwandflächen wirtschaftlich keinen Mehrwert bieten. Zusätzlich ist der U-Wert der Bodenplatte, welcher ebenfalls miteinbezogen wird, zu hoch. Eine Sanierung der Bodenplatte wäre nur mit hohem Aufwand und Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit möglich.

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. Zum Erreichen der EE-Klasse müsste zusätzlich noch ein Wärmerückgewinnungssystem für die Lüftung der Sporthalle nachgerüstet werden.

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	132,9	227,5	162,5	65,0	89,4	113,8	162,5	260,0
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,38	0,56		0,18	0,22	0,26	0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,4	2,7		1,0	1,2	1,4	1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	1,1	4,3		1,6	2,0	2,4	3,0	

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

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	36600	11,5
Wärmepumpen	147061	46,1

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

Summe Deckungsgrad: 57,6%

5 FAZIT

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

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 4 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 49 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den zusätzlichen Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 23 % gesenkt werden. Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 68 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 57 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe empfohlen, die in Kombination mit der bestehenden Anlagentechnik das Gebäude mit Wärme versorgt.

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. 25 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strommix im Laufe der nächsten Jahre voraussichtlich deutlich verbessern und die anzusetzenden CO₂-Emissionen pro kWh Strom werden weiter sinken. Damit das Ziel der Treibhausgasneutralität tatsächlich erreicht wird, sind für die zunächst verbleibenden Emissionen Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen. Diese könnten z.B. der Bau- und Betrieb eigener regenerativer Energieerzeugungsanlagen wie Windenergieanlagen oder Freiflächen PV-Anlagen sein, auf eine Beteiligung an solchen Anlagen könnte zur bilanziellen Treibhausgasneutralität führen.

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

6 ANHANG

A.1 GLOSSAR

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

Energiebedarf

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

Jahres-Primärenergiebedarf

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

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

Endenergiebedarf

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

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

Heizwert / Brennwert

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

U-Wert (früher k-Wert)

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

Solare Wärmegewinne Q_s

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

Interne Wärmegewinne Q_i

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

Anlagenverluste

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

Wärmebrücken

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

Gebäudevolumen V_e

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

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A

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

Kompaktheit A/V

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

Gebäudenutzfläche A_N

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