



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

FÜR DIE TURNHALLE COPERNICUS- GYMNASIUM LÖNINGEN

Auftraggeber

Landkreis Cloppenburg
Eschstr. 29
49661 Cloppenburg

Greven, den 04.04.2023

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven
Ansprechpartner: Christof Kattenbeck



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	14
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	14
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	16
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	18
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung	18
3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand.....	19
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	20
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	20
3.7.1 Heizungsanlage.....	20
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	20
3.7.3 Beleuchtung	20
3.7.4 Lüftungstechnik.....	20
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	21
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	21
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	21
3.8.3 Energiekosten	25
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	25
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	26
4 Sanierungsvarianten	27
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	27
4.2 SV 1: HYDRAULISCHER ABGLEICH	28

4.3	SV 2: LED-BELEUCHTUNG	31
4.4	SV 3: MAßNAHMENKOMBINATION	34
4.4.1	Effizienzgebäudebetrachtung	38
5	Fazit	39
6	Anhang	40
A.1	GLOSSAR	40

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 EG, zониert	14
Abbildung 5 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung	16
Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	17
Abbildung 7 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste	22
Abbildung 8 Energiebilanz des Gebäudes	23
Abbildung 9 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf	23
Abbildung 10 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes	24
Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	29
Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	32
Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	35
Abbildung 14 Berechnung des Energiebedarfs	41

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	12
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung	13
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	15
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	16
Tabelle 5 Gebäudekennwerte	18
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599.....	21
Tabelle 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a.....	22
Tabelle 8 Bezugskosten nach Energieträger	25
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger	25
Tabelle 10 Globale Daten zur Ökonomie.....	25
Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	30
Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 1	30
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	33
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 2	33
Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	36
Tabelle 16 Einsparpotenzial, SV 3	36

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die Turnhalle des Copernicus-Gymnasium in Löningen 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

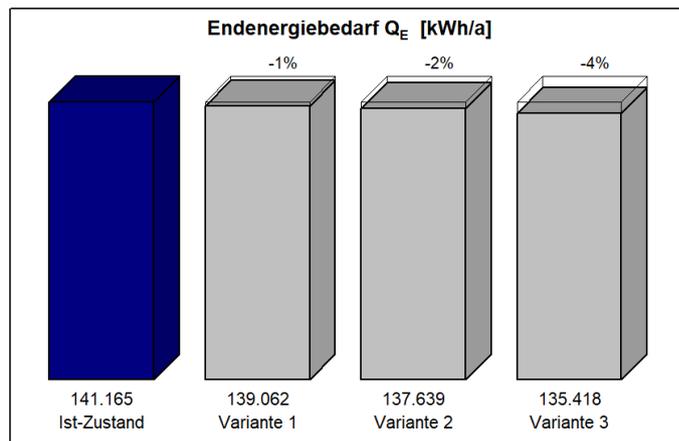
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

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 - hydraulischer Abgleich
 Var.2 - LED-Beleuchtung
 Var.3 - Maßnahmenkombination

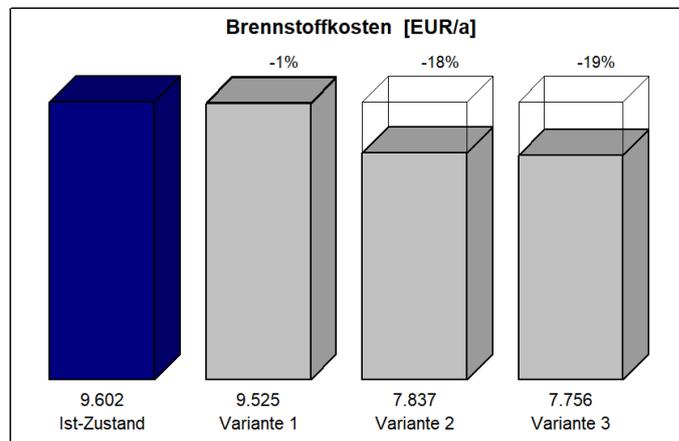


Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt.

Brennstoffkosten nach alten Preisen:

Brennstoffkosten:

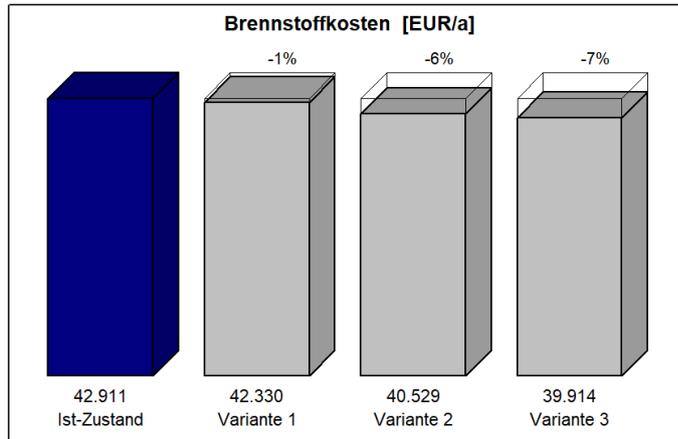
Ist-Zustand
 Var.1 - hydraulischer Abgleich
 Var.2 - LED-Beleuchtung
 Var.3 - Maßnahmenkombination



Brennstoffkosten nach neuen Preisen:

Brennstoffkosten:

- Ist-Zustand
- Var.1 - hydraulischer Abgleich
- Var.2 - LED-Beleuchtung
- Var.3 - Maßnahmenkombination



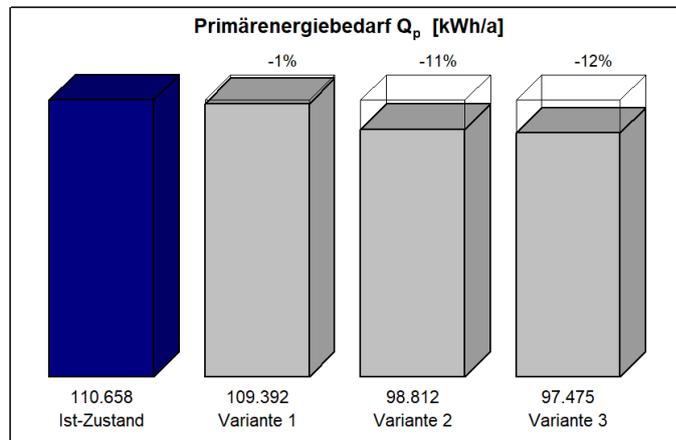
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

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 :

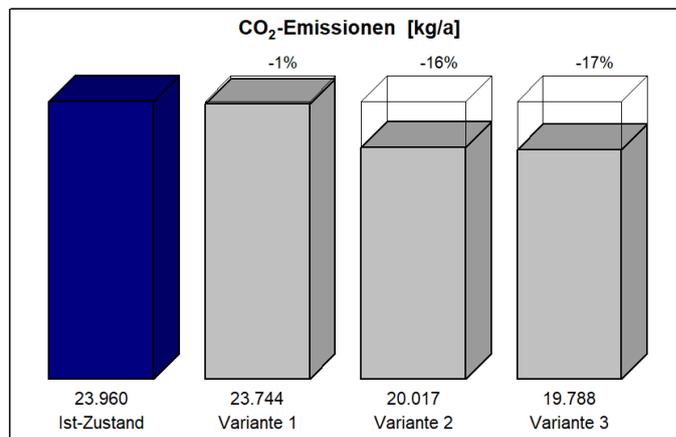
Ist-Zustand
 Var.1 - hydraulischer Abgleich
 Var.2 - LED-Beleuchtung
 Var.3 - Maßnahmenkombination



CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen:

Ist-Zustand
 Var.1 - hydraulischer Abgleich
 Var.2 - LED-Beleuchtung
 Var.3 - Maßnahmenkombination



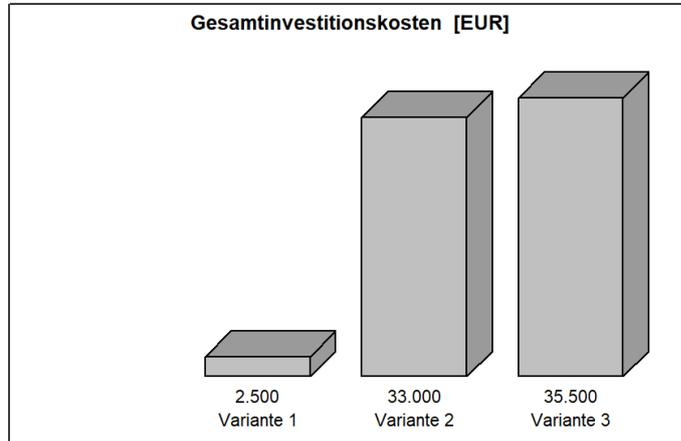
2.3 INVESTITIONSKOSTEN

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

Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:

Var.1 - hydraulischer Abgleich
Var.2 - LED-Beleuchtung
Var.3 - Maßnahmenkombination



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Das Copernicus-Gymnasium liegt an der Ringstraße in Löningen. Die Sporthalle wurde Ende der 1960er Jahre gebaut und verfügt über eine Einfeld-Halle und zwei Umkleide-Abschnitten. Das Gebäude wurde 2020 weitreichend saniert. Bei diesen Arbeiten wurden die Außenwände, die Fenster und die Dächer erneuert. Außerdem wurde der Flur-Trakt komplett neu errichtet. Das Gebäude wird über die Heizungsanlage des Copernicus-Gymnasiums mitversorgt. Diese wird primär über ein Fernwärmenetz beruhend auf Abwärme einer Biogasanlage versorgt.

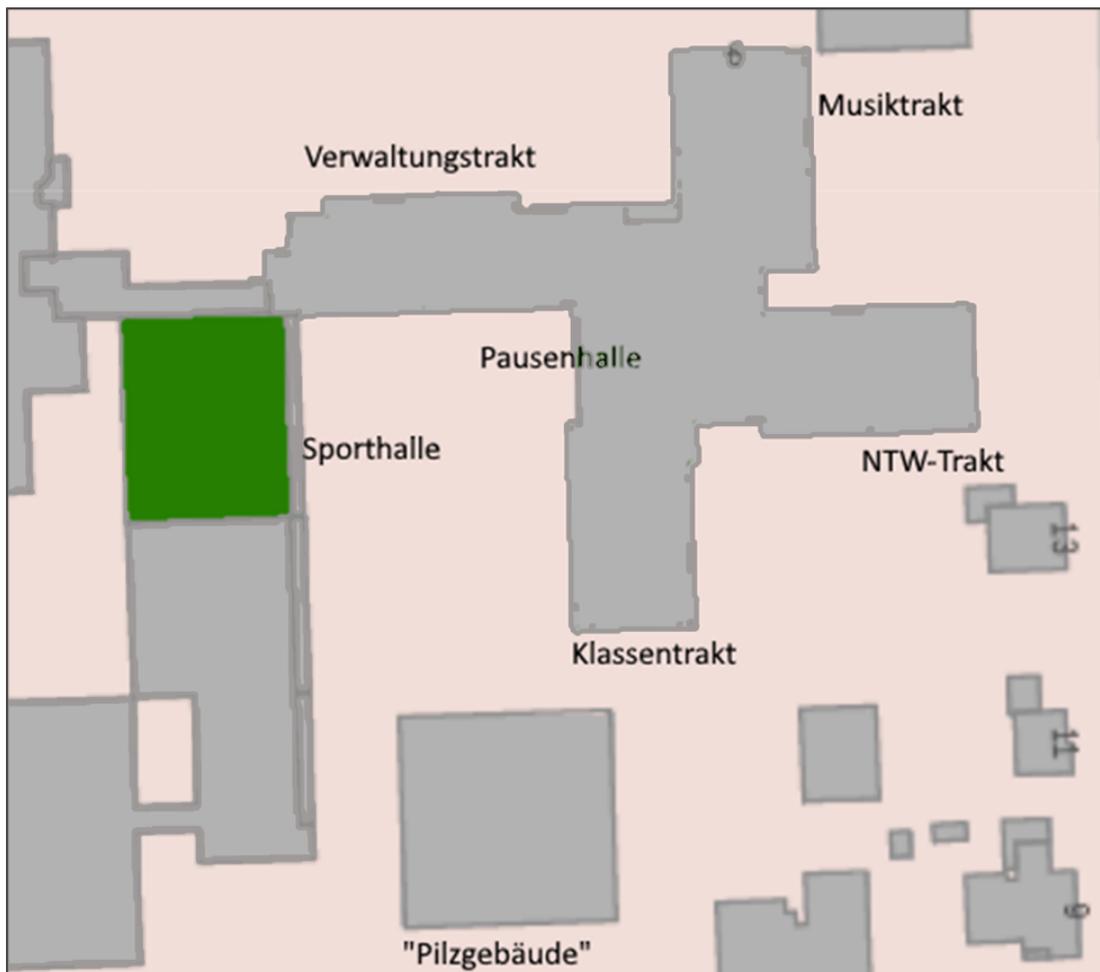


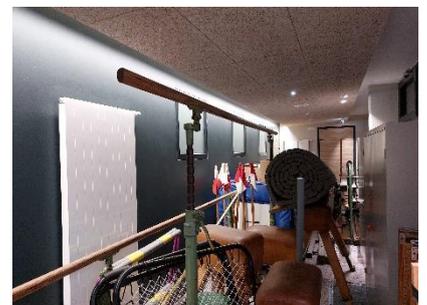
Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (grün markiert)

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	Sporthalle Copernicus-Gymnasium
Gebäudetyp	Sporthalle
Straße, Hausnr.	Ringstraße 6
PLZ, Ort	49624 Lönningen
Baujahre	1965-1971
Beheiztes Gebäudevolumen V	4.314 m ³
Nettogrundfläche ANGF	912 m ²
Thermische Hüllfläche	2.679 m ²
Mittlere Geschosshöhe	ca. 4,73 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.

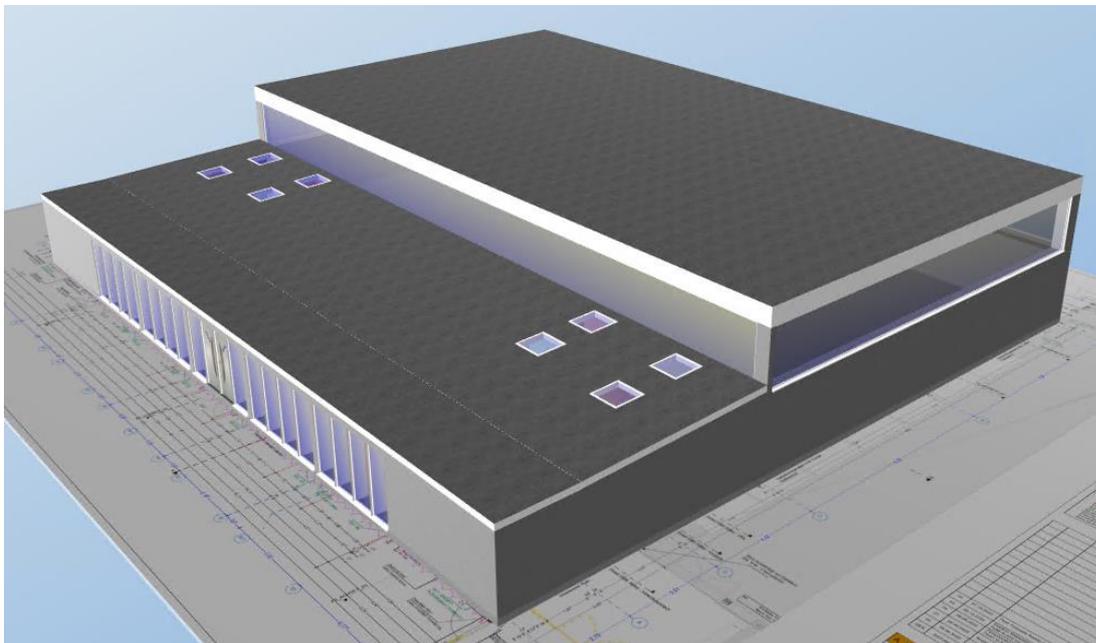


Abbildung 2 3D-Ansicht des Gebäudes

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		
Sporthalle	beheizt	-	Leuchtstofflampen - stabförmig/kompakt, KVG	593	7,5 %
WC und Sanitärräume	beheizt	-	LED-Leuchten	166	2,3 %
Verkehrsfläche	beheizt	-	LED-Leuchten	71	35,4 %
Lager	beheizt	-	LED-Leuchten	83	7,3 %
Summe				912	100%

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

Zonen nach DIN V 18599	
■	Sporthalle
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Verkehrsfläche
■	Lager

Abbildung 3 Nutzungszonen

In den folgenden Abbildungen sind die zonierte Grundrisse zu sehen:

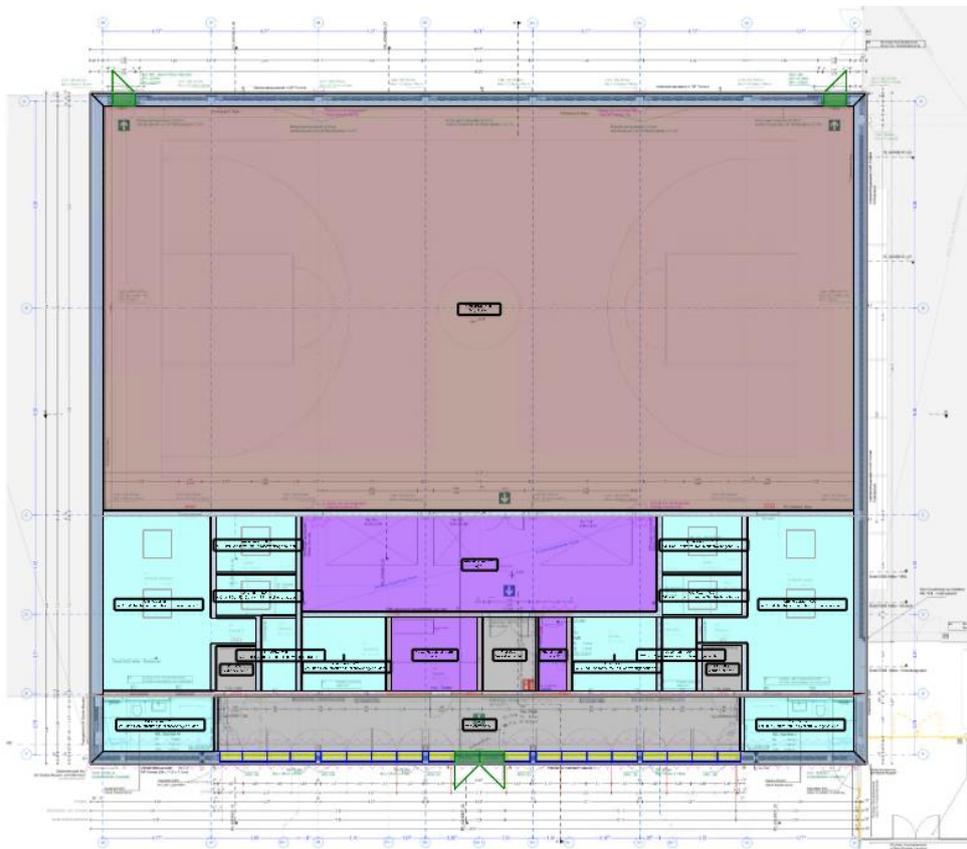


Abbildung 4 Grundriss EG, zonierte

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude. Dies schließt das separat betrachtete Hauptgebäude mit ein (vgl. Beratungsberichte Hauptgebäude). 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
<i>klimabereinigter Verbrauch (Fernwärme + Gas) [kWh/a]</i>	586.636	557.096	486.842	543.525
<i>Strom [kWh/a]</i>	82.721	81.139	78.472	81.930
<i>Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]</i>	669.357	638.235	565.314	624.302
<i>Wasser [m³/a]</i>	674	691	726	683

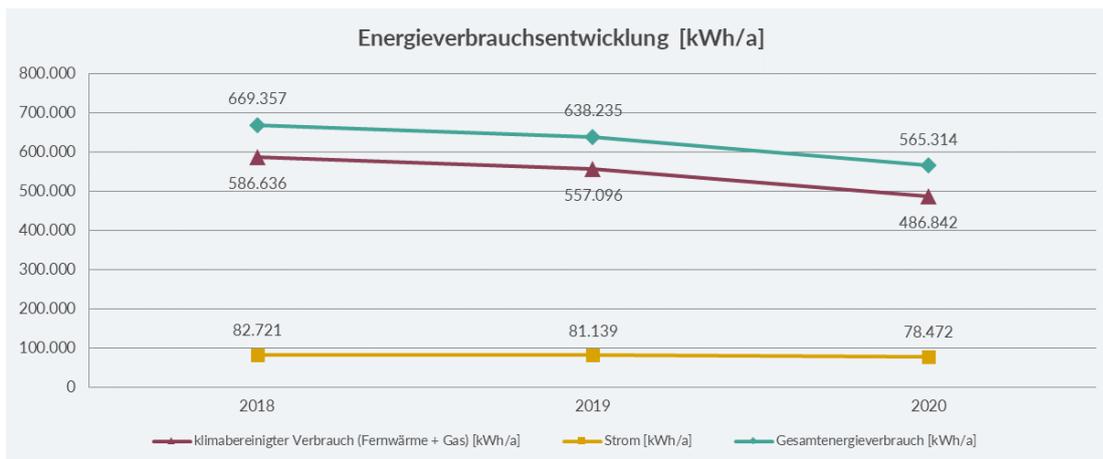


Abbildung 5 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

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 der Schule inklusive der Sporthalle. 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]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Energieträger			
Strom	5	12	11
Wärme	62	81	99
Wasser	70	102	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)

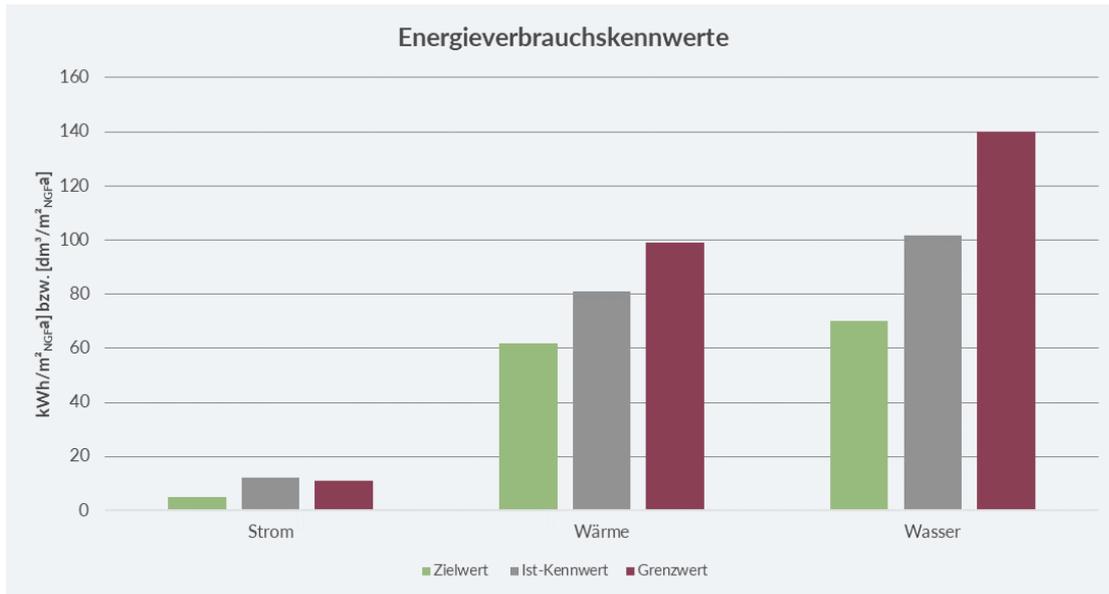


Abbildung 6 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

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

Der Wärmeverbrauchskennwert liegt zwischen dem Zielwert und 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/(m ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	BEG-Förderung ⁶
<i>Bauteiltyp: Bodenflächen gegen Erdreich</i>			
Bodenplatte Umkleiden	0,80	0,30	0,25
Bodenplatte Turnhalle / Fluranbau	0,27	0,30	0,25
<i>Bauteiltyp: Außenwand</i>			
Außenwand 16cm Dämmung	0,19	0,24	0,20
<i>Bauteiltyp: Dächer</i>			
Hallendach	0,19	0,20	0,14
Flachdach Umkleiden	0,14	0,20	0,14
<i>Bauteiltyp: Fenster</i>			
Lichtkuppeln	3,50	2,70	1,50
U-Profilbauglas Turnhalle	1,40	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 2020	0,90	1,30	0,95
<i>Bauteiltyp: Außentüren</i>			
Außentüren	1,10	1,80	1,30

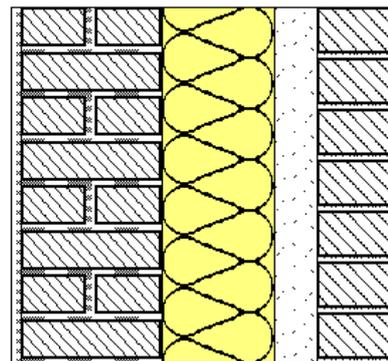
3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

Außenwand

Nachfolgend ist der Schichtaufbau der Außenwand dargestellt

Material	Dicke (cm)	λ (W/(m*K))
Putzmörtel	1,50	0,700
Kalksandstein-Mauerwerk	24,0	0,990
Mineralische Dämmstoffe	16,0	0,035
Luftschicht	4,0	0,222
Klinker-Mauerwerk	11,5	0,960

U-Wert Gesamt: 0,19 W/(m²K)

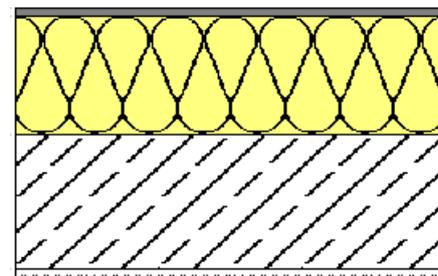


Flachdach Umkleiden

Nachfolgend ist der Schichtaufbau des Flachdachs dargestellt

Material	Dicke (cm)	λ (W/(m*K))
Putzmörtel	1,50	0,700
Beton	15,0	2,500
PUR/PIR-Hartschaum	16,0	0,024
Bitumendachbahnen	1,0	0,000

U-Wert Gesamt: 0,14 W/(m²K)

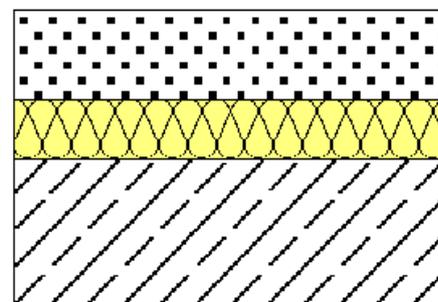


Bodenplatte mit WD

Nachfolgend ist der Schichtaufbau der Bodenplatte dargestellt

Material	Dicke (cm)	λ (W/(m*K))
Beton	20,0	2,000
Bitumendichtungsbahn	0,05	0,170
PUR/PIR-Hartschaum	8,0	0,024
Polyethylenfolie	0,02	0,330
Zement-Estrich	12,0	1,400

U-Wert Gesamt: 0,27 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

Das Gebäude wird über die Heizzentrale des Nachbargebäudes mit Wärme versorgt. Bei diesem wird 70% der Wärme durch ein Fernwärmenetz mit einem angesetzten Primärenergiefaktor von 0,3 und 30% durch Gas-Brennwertkessel bereitgestellt. Daher wird für das vorliegende Gebäude mit einer Fernwärmeversorgung mit einem Primärenergiefaktor von $(70\% \cdot 0,3 + 30\% \cdot 1,3) = 0,6$ gerechnet. Das Gebäude verfügt über einen Pufferspeicher mit einem Volumen von 1000 Litern.

3.7.2 Warmwasserversorgung

Das Gebäude verfügt über ein zentrales Durchfluss-System zur Warmwasserbereitung der Firma Danfoss, das über die Heizungsanlage versorgt wird.

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung der Sporthalle erfolgt über Leuchtstoffröhren. Die restlichen Räume werden durch LED-Leuchten beleuchtet (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

Die Sporthalle sowie die Umkleide- und Sanitärräume werden über eine Lüftungsanlage versorgt (1.300 m³/h; WRG 90%).

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

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

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO₂ und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung ist auch nötig, um Schimmelbildung durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt austretende Schadstoffe aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen zu entfernen.

3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG

3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

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

Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN 18599

Energiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	104,11
Endenergiebedarf Warmwasser	27,62
Endenergiebedarf Beleuchtungsstrom	13,61
Endenergiebedarf Lüftungsanlage	9,43

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) –

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 7 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	17.946	19,6
Außenwand	8.178	8,9
Fenster	42.894	46,8
Keller (Bauteile gegen Erdreich)	22.716	24,8
Gesamt	91.735	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	34.766	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt	38.703	100,0

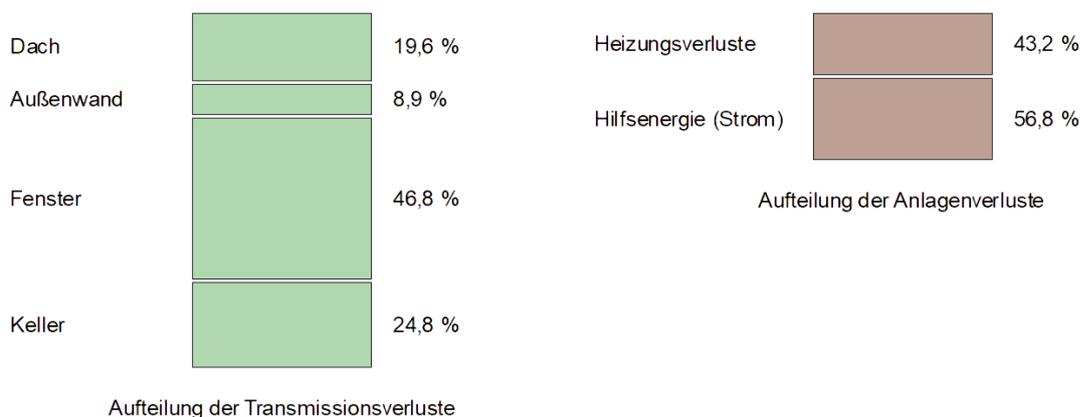


Abbildung 7 Aufteilung der Transmissions- Lüftungs- und Anlagenverluste

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.

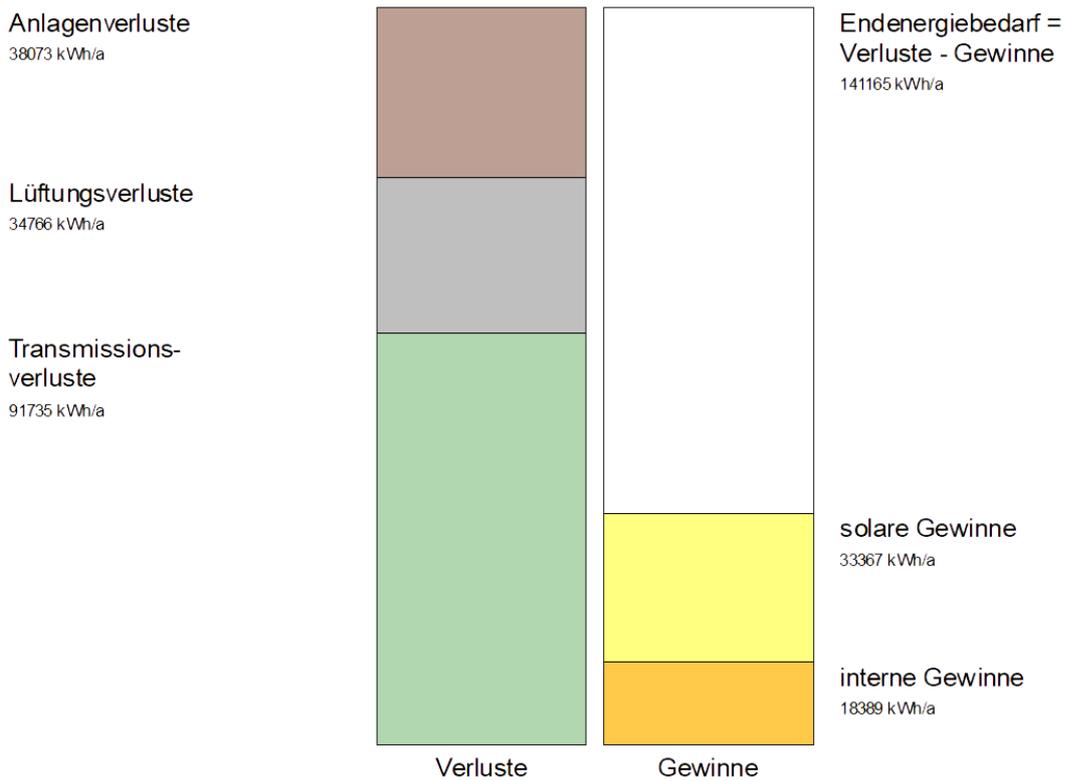


Abbildung 8 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m^2 Nutzfläche - zurzeit beträgt dieser $121 \text{ kWh}/m^2a$.

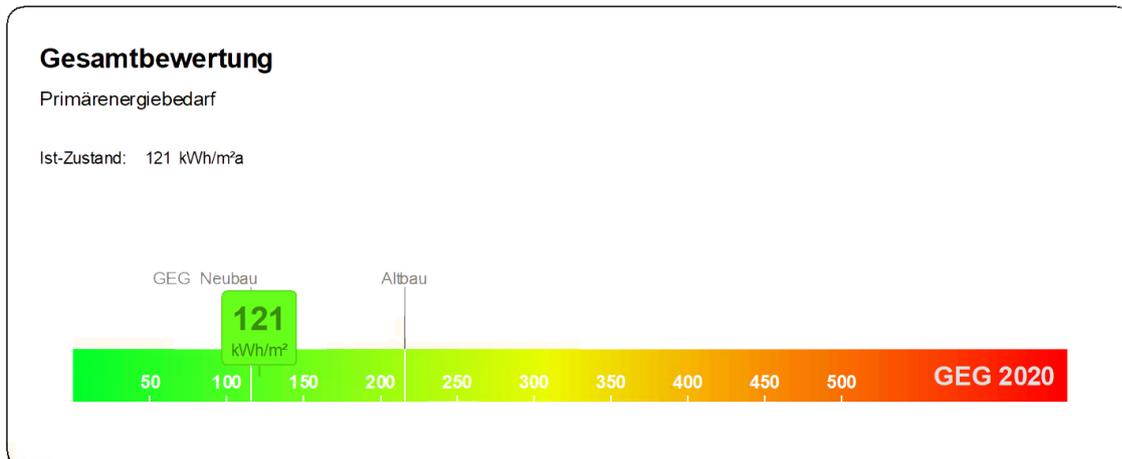


Abbildung 9 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf

Der bauliche Ist-Zustand des Gebäudes ist überwiegend sehr gut. 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.

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	121,3	✓ 215,7	154,1	□ 61,6	□ 84,8	□ 107,9	✓ 154,1	✓ 246,6
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,19	✓ 0,56		□ 0,18	✓ 0,22	✓ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,3	✓ 2,7		□ 1,0	□ 1,2	✓ 1,4	✓ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	2,4	✓ 4,3		□ 1,6	□ 2,0	✓ 2,4	✓ 3,0	

Abbildung 10 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes

Aus Abbildung 10 wird ersichtlich, dass das Gebäude im IST-Zustand ein Effizienzgebäude Standard 100 erfüllt. Dies liegt zum einen daran, dass die Wärmeversorgung zu 70% auf erneuerbaren Energien beruht und der Primärenergiebedarf deswegen relativ niedrig ist. Zum anderen weisen die opaken Bauteile sehr gute Werte und die transparenten Bauteile gute Werte auf.

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]	CO₂ [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,039	247
Strom-Mix	kWh	0,238	544
Fernwärme	kWh	0,033	40

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Landkreises Cloppenburg.

Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO₂ [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,298	247
Strom-Mix	kWh	0,450	544
Fernwärme	kWh	0,253	40

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). Die Preise für die Fernwärme beruhen auf dem Fernwärmevertrag des Landkreis Cloppenburg, nach dem für die Fernwärme 85% des Gaspreises fällig sind.

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 – hydraulischer Abgleich

Var. 2 – LED-Beleuchtung

Var. 3 – Maßnahmenkombination

Die Planung einer Photovoltaik-Anlage wurde aufgrund der fehlenden getrennten Erfassung von Stromverbräuchen nicht einzeln durchgeführt, sondern erfolgte bereits in dem Beratungsbericht für das Hauptgebäude der Schule. Für die Erfüllung eines Effizienzgebäude-Standards wird die PV-Fläche, die auf der Sporthalle platziert wird, angerechnet.

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die gemeinsame Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen (Var. 3) kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden. Für Details siehe Kap. 4.4.1.

4.2 SV 1: HYDRAULISCHER ABGLEICH

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

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

	Preis	Anzahl	Summe [€]
Hydraulischer Abgleich	(515 + 1,6*Net- togradfläche)*1,25	912 m ²	2.500
Gesamtausgaben			2.500

Die Preise für den hydraulischen Abgleich beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021. Um aktuelle Preissteigerungen abzubilden, wurden die Werte pauschal um 25% erhöht. Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten: Aufmaß aller Räume und Heizkörper sowie des Rohrnetzes vor Ort, Pumpenbemessung, Vorlauftemperaturberechnung, Berechnung der Einstellparameter für voreinstellbare Regelventile, Einstellung der Parameter vor Ort

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 über 15% von 375 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

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



Der derzeitige Endenergiebedarf von 141.165 kWh/Jahr reduziert sich auf 139.062 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 2.103 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 216 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 120 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.

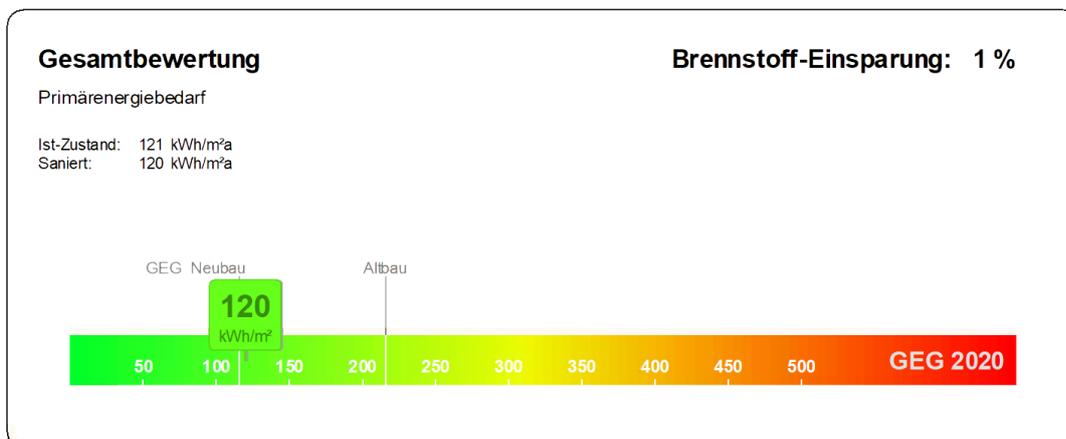


Abbildung 11 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	2.500 EUR
Mögliche Fördermittel	375 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 12 Einsparpotenzial, SV 1

	<i>mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	168	168
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	14.194	63.078
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	14.362	63.246
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	14.308	63.945
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	Keine Einsparung	699
<i>Amortisationszeit</i>		5 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 5 Jahren.

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

4.3 SV 2: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die vorhandenen Leuchtstoffröhren in der Sporthalle durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt. Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO₂-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden.

Die Wärmeentwicklung von LED-Lampen fällt z. B. im Vergleich zur alten Glühlampe deutlich geringer aus. Glühlampen erzeugen aus der eingespeisten Energie nur etwa 5 % Licht, die restlichen 95 % werden in Wärme umgewandelt. Bei aktuellen LED-Lampen sieht es deutlich besser aus. Hier werden etwa 40 % der eingesetzten Energie in sichtbares Licht umgewandelt und nur 60 % in Wärme. Aus diesem Grund steigt der Wärmebedarf des Gebäudes minimal an.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Zone	Preis [€/m ²]	Fläche	Summe [€]
Sporthalle	55	593	33.000
Gesamtausgaben			33.000

Die Preise beruhen auf Herstellerangaben für Leuchten. Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten: Lieferung und Montage sowie elektrischer Anschluss der Leuchten sowie gegebenenfalls der Präsenzmelder und Tageslichtsensoren. Nicht eingeschlossen ist eine Lieferung und Verlegung gegebenenfalls notwendigen neuer Kabel.

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)

Info	Gefördert wird der Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes, wie beispielsweise einer energieeffizienten raumlufttechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
Förderanteil	15 %
Antragsberechtig	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 4.950 € beantragt werden.

Alternativ kann eine Förderung über die Kommunalrichtlinie beantragt werden:

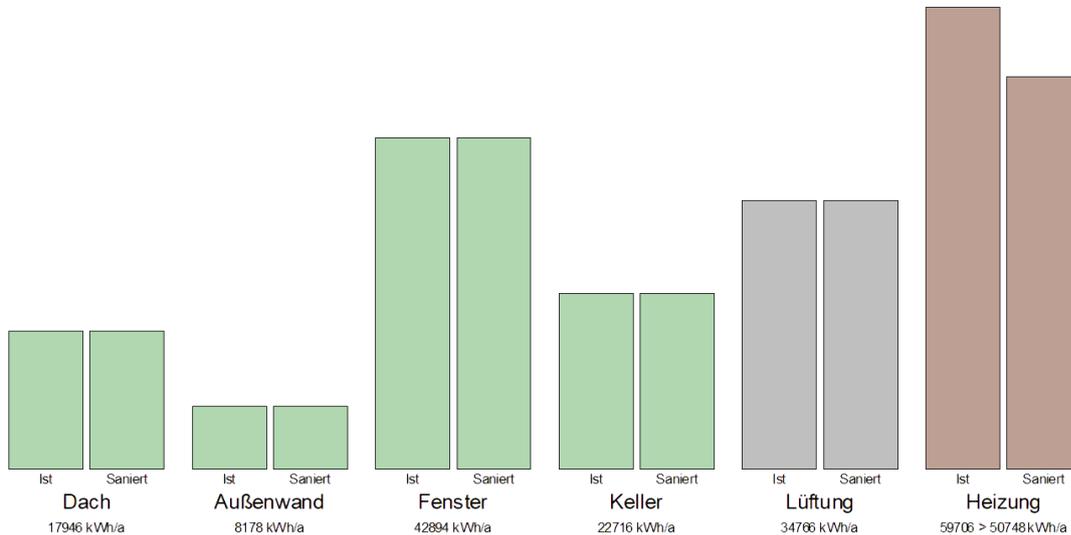
Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (2.9)

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 €
Fristen	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2027.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 8.250€ (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 2%. 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 141.165 kWh/Jahr reduziert sich auf 137.639 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.527 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.944 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 108 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

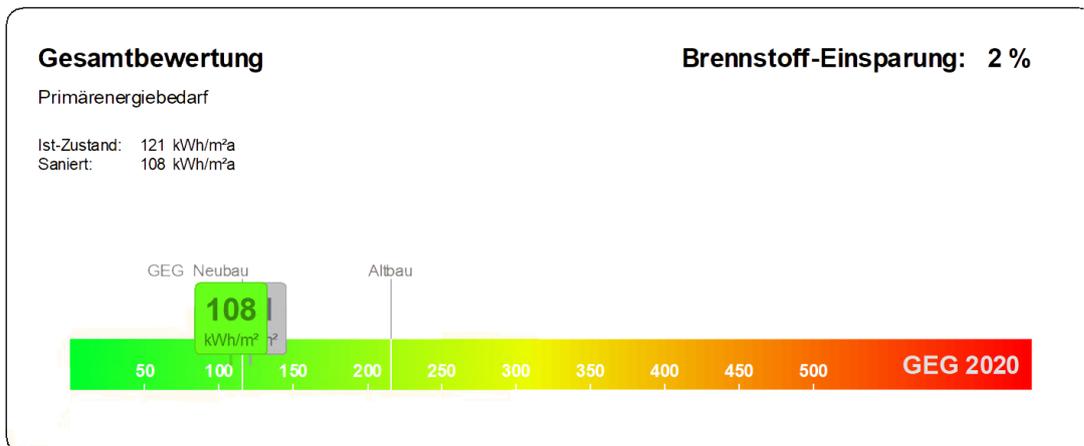


Abbildung 12 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	33.000 EUR
Mögliche Fördermittel	8.250 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>
<i>Kapitalkosten</i>	2.218	2.218
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	11.678	60.394
<i>Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen</i>	13.896	62.612
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	14.308	63.945
<i>Durchschnittliche jährliche Einsparungen</i>	412	1.333
<i>Amortisationszeit</i>	18	13

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb von 18 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.

4.4 SV 3: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – hydraulischer Abgleich

Var. 2 – LED-Beleuchtung

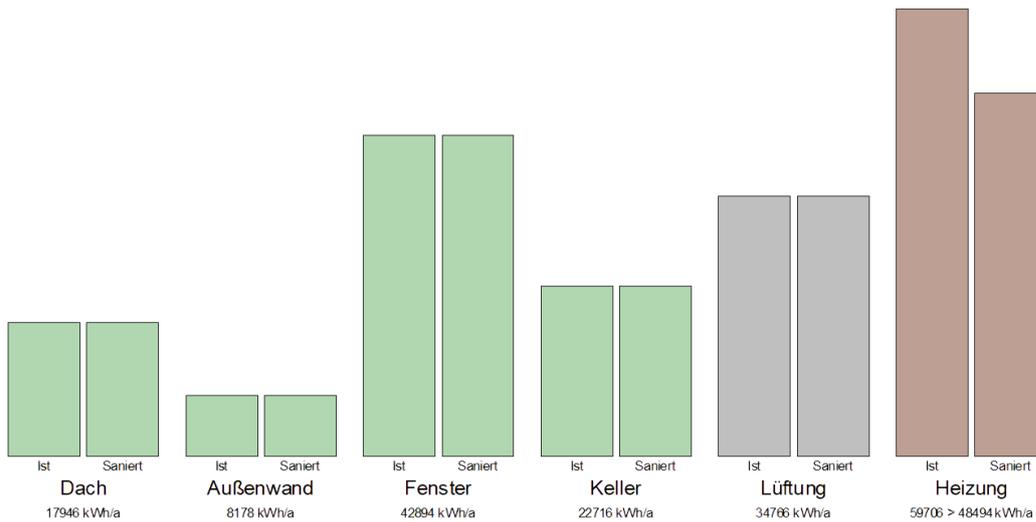
kombiniert.

Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen und der Installation einer PV-Anlage (vgl. Beratungsbericht Hauptgebäude) kann der Effizienzgebäude-Standard 70 erreicht werden (vgl. Kap. 4.4.1). Dieser wird für Kommunen aktuell mit 25% gefördert.

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von **8.750 € (25%)** beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 4 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 141.165 kWh/Jahr reduziert sich auf 135.418 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 5.747 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.172 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 **107 kWh/m²** pro Jahr.

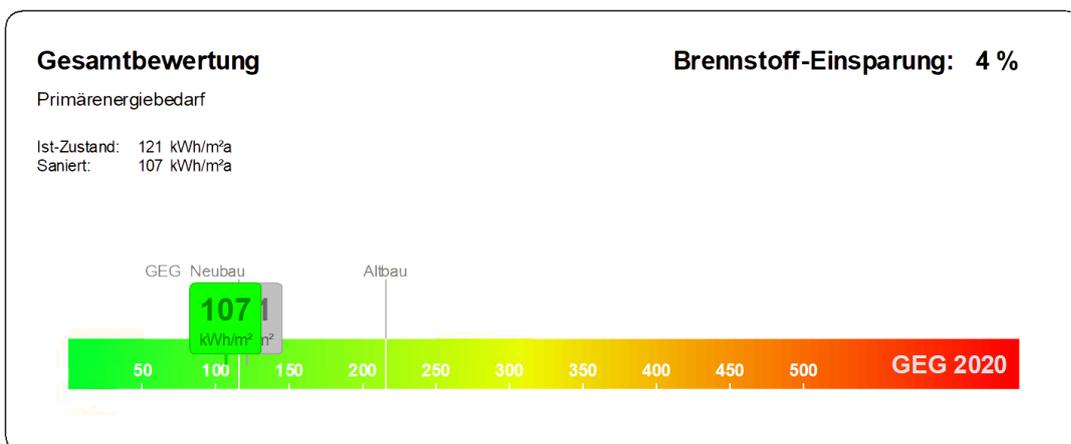


Abbildung 13 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 15 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	35.500 EUR
Mögliche Fördermittel	8.750 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 16 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten neue Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	2.386	2.386
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	11.558	59.479
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	13.944	61.865
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	14.308	63.945
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	364	2.080
Amortisationszeit	18 Jahre	12 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der aktuellen, günstigen Preise voraussichtlich reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb von 18 Jahren vollständig zu decken. Geht man von aktuell realistischeren Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 12 Jahren.

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

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 Fernwärmepreis 2023	12 Cent / kWh
Angenommener durchschnittlicher Strompreis 2023	41 Cent / kWh
Resultierende Energiekosten IST-Zustand	25.037 € / Jahr
Resultierende Energiekosten Maßnahmenkombination	22.028 € / Jahr
Wirtschaftlichkeitsberechnung	mittlere jährl. Kosten aktuelle Preise [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	2.386
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	32.825
Summe Kosten mit Energiesparmaßnahmen	35.211
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	37.309
Durchschnittliche jährliche Einsparungen	2.098
Amortisationszeit	12 Jahre

4.4.1 Effizienzgebäudebetrachtung

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Zusätzlich zu den vorgestellten Maßnahmen wird in dem Beratungsbericht des Hauptgebäudes eine Photovoltaik-Anlage berechnet, bei dem ein Teil der Module auf dem Dach der Turnhalle vorgesehen ist. Dieser Teil der PV-Anlage wird ebenfalls für die Effizienzgebäudebetrachtung angerechnet.

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

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

GEG- und BEG-Anforderungen

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	84,9	☑ 215,7	154,1	☐ 61,6	☐ 84,8	☑ 107,9	☑ 154,1	☑ 246,6
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,19	☑ 0,56		☐ 0,18	☑ 0,22	☑ 0,26	☑ 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	1,3	☑ 2,7		☐ 1,0	☐ 1,2	☑ 1,4	☑ 1,8	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m ² K	2,4	☑ 4,3		☐ 1,6	☐ 2,0	☑ 2,4	☑ 3,0	

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Fernwärme	84038	70,0

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

☐ EE-Klasse Zusatzanforderungen

Summe Deckungsgrad: 70,0%

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Turnhalle des Copernicus Gymnasiums in Lönigen. Im vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Gebäudes 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 2 vorgeschlagen. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 2 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Einbau von effizienter LED-Beleuchtung. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen um ca. 16 % gesenkt werden.

Durch eine Kombination der beiden Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von ca. 4 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 17 % im Vergleich zum Ist-Zustand möglich. Hierdurch könnte außerdem der Effizienzgebäudestandard 70 erreicht werden.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen.

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. 20 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. eine Vergrößerung der geplanten PV-Anlage oder der Bau- und Betrieb eigener regenerativer Energieerzeugungsanlagen wie Windenergieanlagen oder Freiflächen PV-Anlagen sein, auch 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.

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.