



**BERATUNGSBERICHT IM RAHMEN
DES FÖRDERSCHWERPUNKTES 2.2
„ENERGIEMANAGEMENTSYSTEME“**

**FÜR DIE
„GRUNDSCHULE KIEBITZREIHE“
IM AMT HORST-HERZHORN**

Auftraggeber
Amt Horst-Herzhorn
Elmshorner Straße 27
25358 Horst (Holstein)

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven

Greven, den 24.08.2021

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	5
1 Einleitung.....	5
2 Zusammenfassung	7
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	7
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	8
3 Ausgangssituation.....	10
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	10
3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 13.07.2021) ..	12
3.3 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	13
3.3.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung.....	13
3.4 ANLAGENTECHNIK.....	14
3.4.1 Heizungsanlage.....	14
3.4.2 Warmwasserbereitung.....	14
3.4.3 Beleuchtung	14
3.4.4 Lüftungstechnik.....	15
3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	15
3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	15
3.5.2 Verbrauchskennwerte.....	16
3.5.3 CO ₂ -Emissionen	18
3.5.4 Energiekosten	18
3.5.5 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	18
3.6 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	19
4 Sanierungsvarianten.....	21
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	21
4.2 SV 1: KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG	22
4.3 SV 2: AUßENWANDDÄMMUNG	25
4.4 SV 3: FENSTERTAUSCH.....	28
4.5 SV 4: LED-BELEUCHTUNG	31
4.6 SV 5: DACHSANIERUNG.....	34
4.7 SV 6: PV-ANLAGE	37

4.8	MK 1: GEMEINSAME UMSETZUNG SV 1 UND SV 6	39
4.9	MK 2: GEMEINSAME UMSETZUNG SV 1 BIS SV 6	42
5	Anhang	45
A.1	GLOSSAR	45

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]	7
Abbildung 2 Energiekosten [€/a].....	7
Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_P [kWh/a]	8
Abbildung 4 CO ₂ -Emissionen [kWh/a].....	8
Abbildung 5 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt)	10
Abbildung 6 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes	10
Abbildung 7 Blickrichtung Nordosten,	12
Abbildung 8 Blickrichtung Nordwesten,	12
Abbildung 9 Blickrichtung Norden, zentraler Klassentrakt.	12
Abbildung 10 Verbindungsgebäude.....	12
Abbildung 11 Klassenraum	12
Abbildung 12 Oberlichter im Pultdach	12
Abbildung 13 Gas-Brennwertkessel	12
Abbildung 14 Heizungsverteilung	12
Abbildung 15 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft.....	16
Abbildung 16 Energieverbrauchskennwerte.....	17
Abbildung 18 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger.....	19
Abbildung 19 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1	23
Abbildung 20 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	23
Abbildung 21 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2	26
Abbildung 22 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	26
Abbildung 23 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3	29
Abbildung 24 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3	29
Abbildung 25 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4	32
Abbildung 26 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	33
Abbildung 27 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5	35
Abbildung 28 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	35
Abbildung 31 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1.....	39
Abbildung 32 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1	40
Abbildung 33 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 2.....	43
Abbildung 34 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 2	43
Abbildung 35 Primärenergie.....	46

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung	9
Tabelle 6 Gebäudekennwerte	13
Tabelle 7 Fortsetzung Gebäudekennwerte	14
Tabelle 8 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart	16
Tabelle 9 Energieverbrauchskennwerte.....	17
Tabelle 10 CO ₂ -Emissionen	18
Tabelle 15 Bezugskosten nach Energieträger.....	18
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	24
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 1	24
Tabelle 18 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	27
Tabelle 19 Einsparpotenzial, SV 2	27
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	30
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 3	30
Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	33
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 4	33
Tabelle 24 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	36
Tabelle 25 Einsparpotenzial, SV 5	36
Tabelle 27 Einsparpotenzial, MK 1.....	41
Tabelle 28 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, MK 2.....	44
Tabelle 29 Einsparpotenzial, MK 2.....	44

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energiebericht für die Grundschule Kiebitzreihe wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes 2.2 „Energiemanagementsysteme“ der Kommunalrichtlinie erstellt. Die Projektträgerschaft wird zum 01.01.2022 von der Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH übernommen. Bis dahin ist der Projektträger Jülich (PtJ) für die Betreuung der Förderanträge aus der Kommunalrichtlinie zuständig, sodass im Folgenden die Bewertungskriterien des Förderschwerpunktes des PtJ berücksichtigt werden.

Für Nichtwohngebäude wird das Anforderungsniveau der DIN V 18599 vorgegeben. Die Berechnungsmethodik der Norm sieht für Nichtwohngebäude eine Zonierung vor. Mit der Zonierung können die Gebäude in unterschiedliche Nutzungszonen oder in ein Ein-Zonen-Modell (vereinfachtes Modell) aufgeteilt werden. Im Rahmen der folgenden Gebäudebewertung wird das vereinfachte Modell verwendet. Mit der Zonierung der Gebäude werden pauschalisierte Annahmen zum Nachweis der Einhaltung eines im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgeschriebenen Anforderungsniveau für Gebäude zu Grunde gelegt.

Nach der Berechnungsmethodik der DIN V 18599 wird der Verbrauch einer bestimmten Energiemenge von Strom und Wärme ermittelt, die z. B. in einem Gebäude zur Beheizung, zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser oder zur Beleuchtung des Raums benötigt wird. Diese Energiemenge wird unter der Verwendung von standardisierten Randbedingungen rein rechnerisch ermittelt und als Energiebedarf gekennzeichnet. Beim Energiebedarf wird das Nutzerverhalten der Bewohner bzw. der Letztverbraucher nicht berücksichtigt. Basierend auf dem Energiebedarf der Liegenschaft werden die jeweiligen Sanierungsvarianten (SV) abgeleitet und in diesem Gebäudebericht beschrieben.

Der Energieverbrauch hingegen wird über die tatsächlichen Verbrauchsdaten von Strom und Wärme eines Gebäudes ermittelt. Im Energieverbrauch sind auch die unterschiedlichen Gewohnheiten der Letztverbraucher, die tatsächlichen Witterungsverhältnisse am Standort des Gebäudes und die zusätzlichen elektrischen Verbraucher (PC, Küche usw.) enthalten.

Aufgrund der Berechnungsmethodik nach DIN V 18599 sind Abweichungen vom Energiebedarf zum Energieverbrauch zu erwarten.¹ Die Energieverbräuche können daher als Vergleichsgrundlage für die Berechnung des Energiebedarfs nur teilweise herangezogen werden. In den vorgeschlagenen Sanierungsvarianten wird lediglich die Hilfsenergie für die technischen Anlagen (Heizung, Beleuchtung usw.) und die Raumwärme betrachtet, d. h., dass auch bei einem Eigenstromverbrauch aus PV-Produktion nur der Anteil für die Hilfsenergie energetisch betrachtet wird.

Insgesamt können die rechnerischen Energiebedarfe in den Sanierungsvarianten im Vergleich zu den tatsächlichen Energieverbräuchen Schwankungsbreiten von bis zu 40% aufweisen. Diese Abweichungen sollten bei der Bewertung der verschiedenen Sanierungsvarianten von der Gemeinde berücksichtigt 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. 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. KG² durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

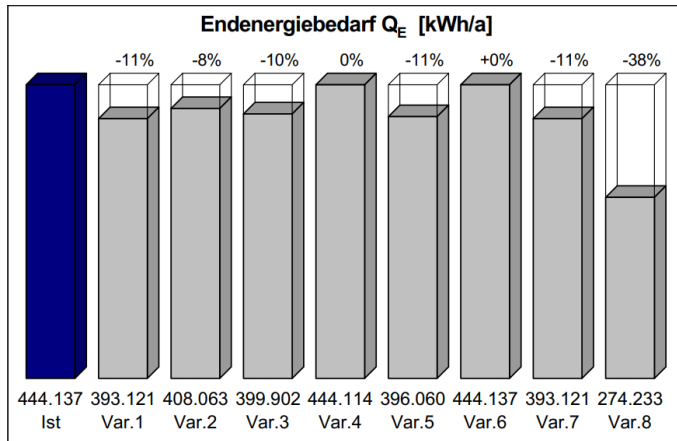
¹ Untersuchungsbericht: Energiebedarf versus Energieverbrauch – Fachhochschule Bielefeld, Institut für Bauphysik und Baukonstruktion. Stand 25.10.2019 (abgerufen am 24.08.2021)
<https://www.hausundgrund.de/sites/default/files/downloads/fh-bielefelduntersuchungenergiebedarfversusenergieverbrauch12112019.pdf>

² <https://www.hottgenroth.de>

2 ZUSAMMENFASSUNG

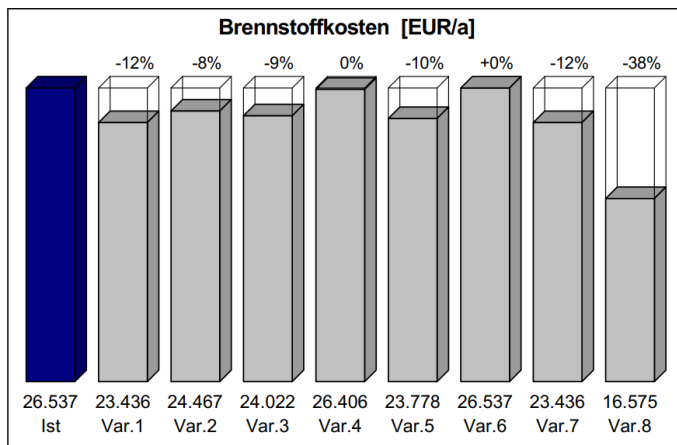
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

Nachfolgend werden die Einsparungen an Endenergie von Strom und Wärme pro Sanierungsvariante (SV) aufgeführt, die durch Modernisierungen am Gebäude und der Anlagentechnik generiert werden können: Die Wirtschaftlichkeit wird aufgrund der Berücksichtigung des Energieverbrauchs und nicht des Energiebedarfs in Kapitel 4.7 genauer beschrieben.



- Ist-Zustand
- Var. 1 - KWK Anlage
- Var. 2 - Außenwanddämmung
- Var. 3 - Fenstertausch
- Var. 4 - LED-Beleuchtung
- Var. 5 - Dachdämmung
- Var. 6 - PV-Anlage
- Var. 7 - Kombination KWK- mit PV-Anlage
- Var. 8 - Kombination SV 1 bis SV 6

Abbildung 1 Endenergiebedarf Q_E [kWh/a]



- Ist-Zustand
- Var. 1 - KWK Anlage
- Var. 2 - Außenwanddämmung
- Var. 3 - Fenstertausch
- Var. 4 - LED-Beleuchtung
- Var. 5 - Dachdämmung
- Var. 6 - PV-Anlage
- Var. 7 - Kombination KWK- mit PV-Anlage
- Var. 8 - Kombination SV 1 bis SV 6

Abbildung 2 Energiekosten [€/a]

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.

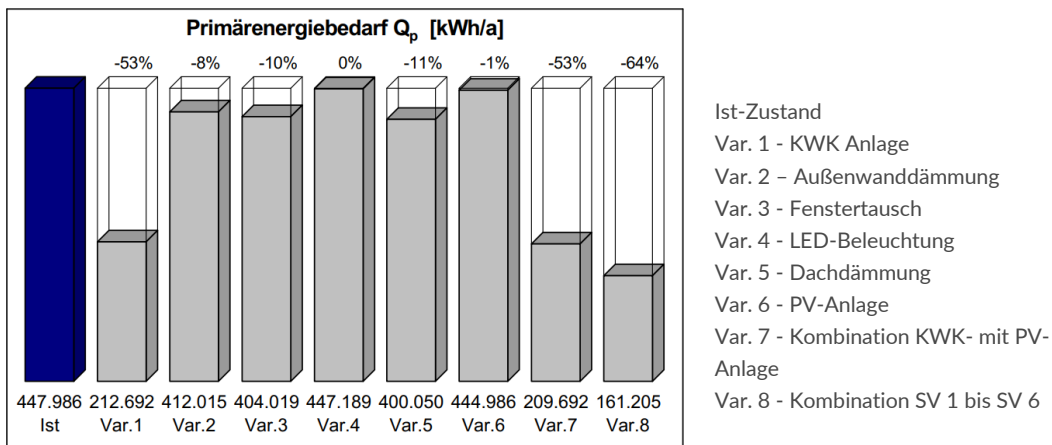


Abbildung 3 Primärenergiebedarf Q_p [kWh/a]

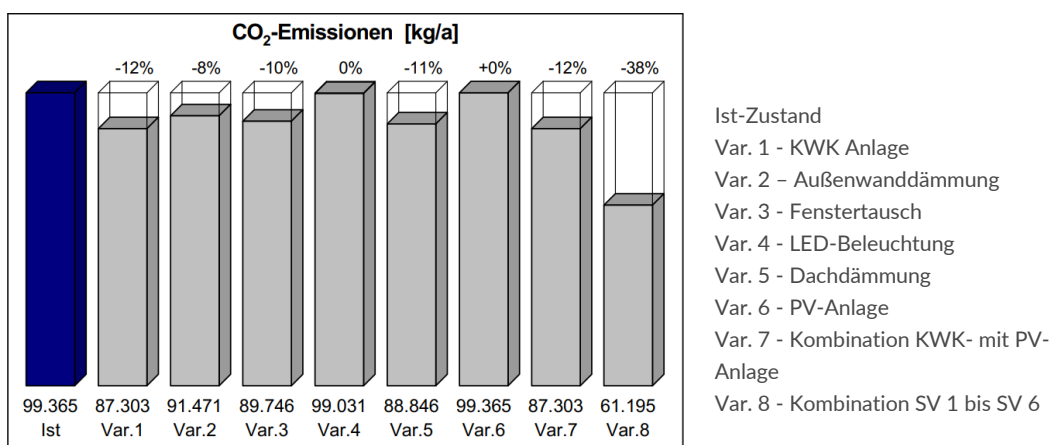


Abbildung 4 CO₂-Emissionen [kWh/a]

Unter der Berücksichtigung der Zuschüsse der verschiedenen Förderprogramme verbessert sich die Amortisationszeit jeder vorgeschlagenen Sanierungsvariante.

Die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten können mit der nachfolgenden Reihenfolge geplant und umgesetzt werden.

Tabelle 1 Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung

Reihenfolge der Sanierungsvarianten	CO ₂ -Einsparung [kg/a]	Investitionsausgaben (brutto) inkl. 20 % NK [€]	Zuschüsse aus Förderprogrammen (Stand: August 2021)	Amortisationszeit [Jahre]
Schritt 1: PV-Anlage	3.979	23.856	keine	8
Schritt 2: Beleuchtungstausch	334	45.360	18.144€ - 40 % PtJ - Beleuchtungssanierung (2.9)	13
Schritt 3: KWK-Anlage	12.062	113.620	keine	17
Schritt 4: Dachsanierung	10.519	113.542	22.708 € 20 % BAFA - BEG EM	27
Schritt 5: Fenstertausch	9.619	334.482	66.896 € 20 % BAFA - BEG EM	
Schritt 6: Außenwanddämmung	7.894	233.487	46.697 € 20 % BAFA - BEG EM	
Summe	44.407	864.347	154.445 € mit 23,7 % mittlere Förderquote	

Wichtiger Hinweis zu den Informationen über anwendbare Zuschüsse

Sind Zuschüsse für die Umsetzung einer Maßnahme erhältlich, sind diese bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Sanierungsvarianten zu berücksichtigen. Ob die Gemeinde die Förderbedingungen erfüllen kann, ist von der Gemeinde eigenständig zu prüfen. Die Aktualität der Förderkonditionen ist vor der Umsetzung von Maßnahmen ebenfalls zu prüfen. Fördermaßnahmen sind i. d. R. vor Durchführung der Sanierungsmaßnahme zu beantragen.

Für die Aufzählung der genannten Förderkonditionen und der Höhe der Zuschüsse bestehen keine Ansprüche auf Vollständigkeit.

3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Die eingeschossige Grundschule Kiebitzreihe wurde im Jahr 1980 an der Schulstraße 65 in 25368 Kiebitzreihe errichtet (vgl. Abbildung 5).



Abbildung 5 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot umrahmt)

(Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein © GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG), (<https://danord.gdi-sh.de>), abgerufen am 10.08.2021)

Der Bau erfolgte in massiver Bauweise. Die drei parallel zur Schulstraße ausgerichteten Klassen- und Verwaltungstrakte verfügen über Pultdächer mit Oberlichtern. Die Klassen- und Verwaltungstrakte sind durch zwei Verbindungsbauten miteinander verbunden (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 6 3D Ansicht des untersuchten Gebäudes

Die Außenfassade, Dach und Fenster befinden sich überwiegend im Zustand des Baualters. Einzelne Fenster wurden in den 1990er Jahren erneuert. Im Jahr 2001/2002 wurde die Grundschule teilweise umgebaut bzw. erweitert, sodass auch Bauteile aus dieser Zeit vorhanden sind. Die Außenwände wurden gem. der Beschreibung des Bauvorhabens als hinterlüftetes Kalksteinmauerwerk mit einer zusätzlichen Dämmschicht und einem Verblendmauerwerk entsprechend der vorhandenen Fassade mit rotem Verblendstein geplant. Das Pultdach sollte als Sparrendach mit Mineralfaserdämmung ausgebildet werden. Die im Zuge der Umbaumaßnahmen neu eingebauten Fenster sollten entsprechend der vorhandenen Fenster über weiße Kunststoffrahmen verfügen. Der Wärmedurchgangskoeffizient (hier k-Wert) der geplanten Isolierverglasung wurde mit $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt. Zu der Grundschule gehörte ursprünglich auch eine Wohnung, die an der nordöstlichen Seite an den Schulbereich angebaut war. Zum Zeitpunkt der Gebäudebegehung am 13.07.2021 befand sich der Wohnanbau im Abriss. Südlich grenzt zudem ein Kindergarten an die Schule an, welcher jedoch nicht Teil des vorliegenden Beratungsberichtes ist.

<i>Name/Bezeichnung</i>	<i>Grundschule Kiebitzreihe</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Öffentliche Grundschule</i>
<i>Straße, Hausnr.</i>	<i>Schulstraße 65</i>
<i>PLZ, Ort</i>	<i>25368 Kiebitzreihe</i>
<i>Baujahre</i>	<i>1980</i>
<i>Beheiztes Gebäudevolumen V</i>	<i>5.806 m³</i>
<i>Energiebezugsfläche A_{EBF}</i>	<i>2.084 m²</i>
<i>Thermische Hüllfläche</i>	<i>4.202 m²</i>
<i>Mittlere Geschosshöhe</i>	<i>ca. 3,0 m</i>

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf die thermisch konditionierte Zone. Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Amt Horst Herzhorn

3.2 FOTODOKUMENTATION (GEBÄUDEBEHEHUNG VOM 13.07.2021).



Abbildung 7 Blickrichtung Nord-
osten,
nördlicher und zentraler Klassen-
trakt und Verbindungsbauteil.
Die an der nördlichen Gebäu-
deseite angebaute Wohnung war
im Abbruch.



Abbildung 8 Blickrichtung Nord-
westen,
Fensterfront des nördlichen Klas-
sentraktes und Teile des Verbin-
dungsflures.



Abbildung 9 Blickrichtung Nor-
den, zentraler Klassenrakt.



Abbildung 10 Verbindungsge-
bäude
zwischen zwei Klassentrakten



Abbildung 11 Klassenraum



Abbildung 12 Oberlichter im
Pultdach



Abbildung 13 Gas-Brennwertkes-
sel



Abbildung 14 Heizungsverteilung

3.3 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Die nachfolgende Tabelle zeigt die bautechnischen Charakteristika des Gebäudes. Ein wichtiger Indikator für die energetische Qualität der einzelnen Bauteile ist ihr jeweiliger Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert). Er gibt an, wie viel Wärme (in Watt [W]) bei einem Grad Temperaturunterschied (in Kelvin [K]) durch einen Quadratmeter [m²] Bauteilfläche fließt. Das bedeutet, je geringer der U-Wert ist, desto weniger Wärme entweicht durch das Bauteil und desto besser sind seine Dämmeigenschaften. Umgekehrt sind die wärmetechnischen Eigenschaften eines Bauteils schlechter je höher der U-Wert ist. Der zulässige U-Wert in der Tabelle 2 beschreibt den Wert, der nach dem aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG) maximal bei Sanierung oder Neubau zulässig ist.

Dies bedeutet beispielsweise, dass nach einer Sanierung der Außenwand der zulässige U-Wert des Bauteils in Höhe von 0,24 W/(m²K) nicht überschritten werden darf.

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.

3.3.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und KfW-Förderung

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten U-Werten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) mit angegeben⁴. Die grün markierten Zeilen erfüllen bereits die Anforderungen des aktuellen GEG. Die rot markierten Zeilen entsprechen nicht den aktuellen Anforderungen der GEG.

Tabelle 2 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m ² K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	KfW-Förderung ⁶
Bodenplatte	0,80	0,30	0,25
<i>Bauteilgruppe: Decken nach unten gegen Erdreich</i>			
Außenwand	0,60	0,24	0,20
<i>Bauteilgruppe: Außenwände</i>			

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 KfW-Förderung gelten nicht für die Förderung von KfW-Effizienzhäusern. Die Anforderungen Stand Juli 2015 können jederzeit aktualisiert werden.

Tabelle 3 Fortsetzung Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]		
Dach	0,50	0,20	0,14
Bauteilgruppe: Dachflächen			
Fenster	1,60/1,90/3,20/4,30	1,30	0,95
Bauteilgruppe: Fenster			
Außentür	1,30/1,60	1,80	1,30
Bauteilgruppe: Außentüren			

3.4 ANLAGENTECHNIK

3.4.1 Heizungsanlage

In dem betrachteten Gebäude gibt es einen Gas-Brennwertkessel, welcher im Heizungsraum im nördlichen Gebäudeteil der Schule untergebracht ist und die gesamte Liegenschaft inkl. des angrenzenden Kindergartens versorgt. Der Kessel ist aus den 2000er Jahren. Die Heizkreisumpen sind unregelt. Ein hydraulischer Abgleich der gesamten Schule inkl. Kindergarten wurde nicht durchgeführt.

Erzeugung	- Brennwert-Kessel Buderus Logano Plus SB315- Nennleistung 115,00 kW Energieträger: Erdgas
Verteilung	- Verteilung 1 (Verteilung 1) kein hydraulischer Abgleich Leitungen ungedämmt Umwälzpumpe unregelt
Übergabe	Übergabe an Zone 'Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'

3.4.2 Warmwasserbereitung

Die Waschbecken in den Sanitärräumen und Klassen des Schulgebäudes verfügen überwiegend nur über einen Kaltwasser-Anschluss. In einem Gruppenraum erfolgt die Warmwasserbereitung über ein dezentral angeordnetes, elektrisches 5,0 l-Untertischgerät. Eine detaillierte Betrachtung der Warmwasserbereitung wurde daher nicht vorgenommen.

3.4.3 Beleuchtung

Im betrachteten Schulgebäude befinden sich diverse Leuchtentypen. Überwiegend kommen jedoch Leuchtstoffröhren mit einer Leistung P_{Lampe} bis zu 58 W (T5 und T8) und konventionel-

len Vorschaltgeräten [KVG] vor. Diese finden sich sowohl in den Klassenräumen und im Verwaltungsbereich als auch auf den Fluren wieder. Eine Präsenzerfassung ist vorhanden.

In den Sanitärräumen im nördlichen Gebäudetrakt ist bereits LED-Beleuchtung verbaut bzw. sind vereinzelt Energiesparlampen vorhanden.

Die Ermittlung der elektr. Leistung wurde über das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-Teil 4 bestimmt.

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

3.4.4 Lüftungstechnik

Eine Lüftung findet in jedem 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.

Die Be- und Entlüftung in der betrachteten Grundschule erfolgt über die vorhandenen Fenster und Türen. Eine zusätzliche Zuluft- und/oder Abluftanlage ist nicht vorhanden.

3.5 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Die Energieverbräuche (Wärme, Strom) einschließlich Wasserverbrauch der Liegenschaft beinhalten alle auf der Liegenschaft befindlichen Gebäude, soweit deren Medienverbräuche nicht separat gezählt bzw. ermittelt werden.

Die durchgeführten ingenieurtechnischen Berechnungen bilden die Verbräuche des behandelten Gebäudes annähernd ab, sodass hieraus die in den nachfolgenden Kapiteln erläuterten Sanierungsmaßnahmen abgeleitet werden können.

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

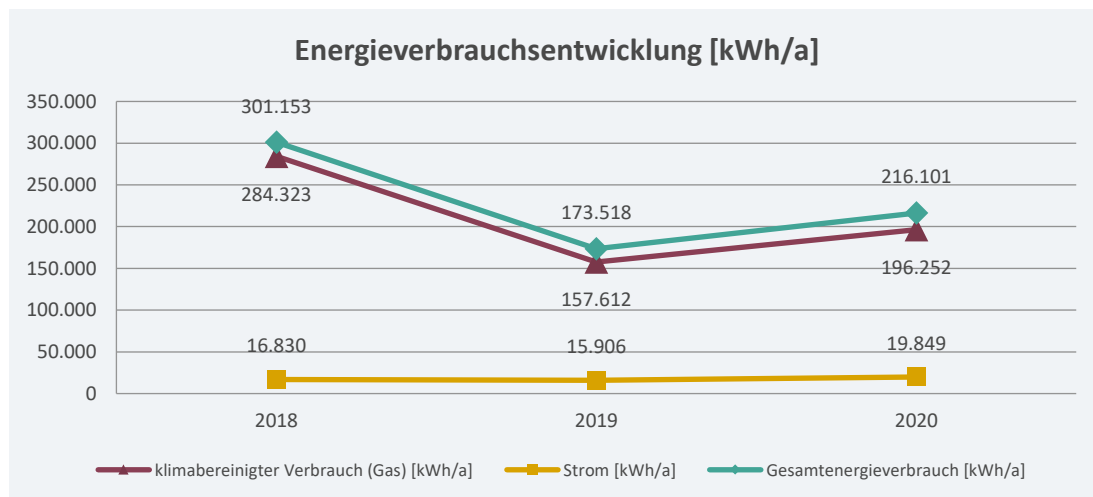
- ▶ die standortspezifischen Witterungsverhältnisse (Lüftungsverhalten und Raumlufttemperaturen)
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der elektrischen Verbraucher
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- ▶ interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl, ...)
- ▶ der Warm- und Kaltwasserverbrauch

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 4 bzw. der Abbildung 15 werden die tatsächlichen Verbrauchsdaten von Strom und Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der letzten drei Jahre für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Die Verbrauchswerte wurden als Vergleichsgrundlage für die Energiebedarfsberechnung herangezogen.

Tabelle 4 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart

Jahr	2018	2019	2020	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	258.475	143.284	173.674	191.811
Verhältnis GTZ zu langj. Mittel [-]	1,10	1,10	1,13	-
klimabereinigter Verbrauch (Gas) [kWh/a]	284.323	157.612	196.252	212.729
Strom [kWh/a]	16.830	15.906	19.849	17.528
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	301.153	173.518	216.101	230.257
Wasser [m³/a]	626	633	399	553



3.5.2 Verbrauchskennwerte

Abbildung 15 Grafische Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft

Das Verfahren des Verbrauchskennwertvergleiches ermöglicht die spezifischen Verbrauchsdaten der Objekte mit Werten ähnlicher Referenzgebäude zu vergleichen. Dadurch können Einspar- und Sanierungspotenziale identifiziert werden. Energieeffizienzmaßnahmen sind be-

sonders dann sinnvoll und wirtschaftlich, wenn die eigenen Energieverbrauchskennwerte deutlich über den Grenzwerten liegen.

Für die Liegenschaften der Gemeinde wurde der Mittelwert aus den Strom- bzw. Gas- (witterungsbereinigt) und Wasserverbrauchsdaten der letzten drei Jahre (2018, 2019, 2020) gebildet und durch die Netto-Grundfläche von 2084 m² dividiert. Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.⁷

Tabelle 5 Energieverbrauchskennwerte

Schulen ohne Turnhalle Energieverbrauchskennwerte [kWh/m²NGFa] bzw. [dm³/m²NGFa]

Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom		5	8
Wärme		56	102
Wasser		64	145

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Amt Horst-Herzhorn

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 Ener-

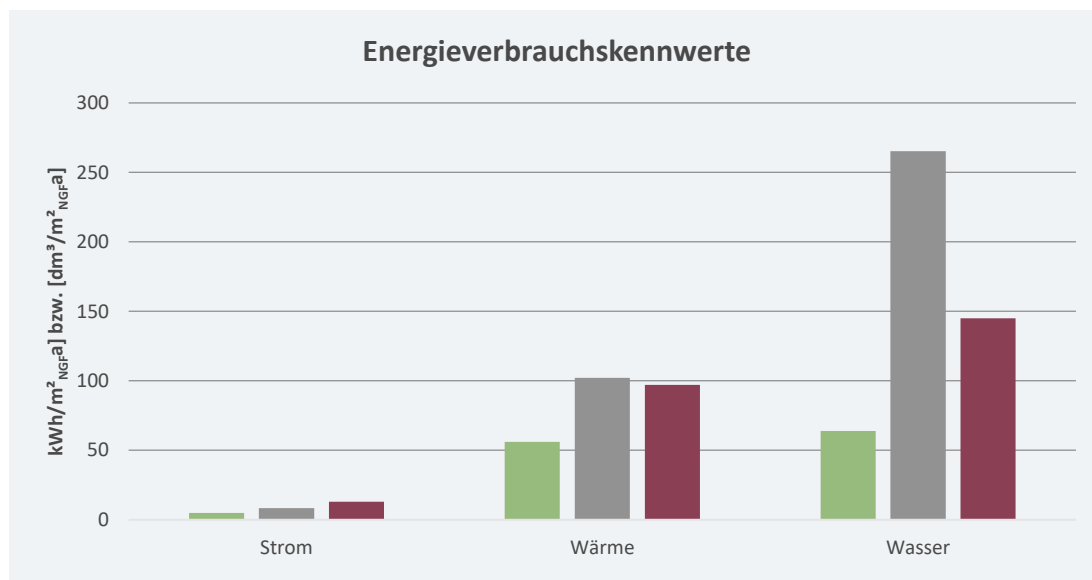


Abbildung 16 Energieverbrauchskennwerte

⁷ Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005)
 Zielwert: Unterer Quartilmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch))
 Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

gieverbrauchskenneerwerte für Strom, Wärme und Wasser dar. Hierbei fällt auf, dass insbesondere der angegebene Wasserverbrauch deutlich über dem Wasserverbrauch vergleichbarer Objekte liegt.

3.5.3 CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen wurden über die gemittelten Energieverbräuche der letzten drei Jahre und den CO₂-Emissionsfaktoren aus GEMIS⁸ (Stand: 12.2020) bestimmt.

Tabelle 6 CO₂-Emissionen

Energieträger [-]	CO ₂ -Emissionsfaktor [g/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO ₂ -Emissionen [kg/a]
Erdgas	201	191.811	38.554
Strom	427	17.528	7.485
Summe	-	209.339	46.039

3.5.4 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen in den Sanierungsvarianten wurden gemäß den Angaben des Amt Horst-Herzhorn die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

Tabelle 7 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Preis [€/kWh]
Erdgas (inkl. CO ₂ -Steuer)	0,05*
Strom-Mix	0,27

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Amt Horst-Herzhorn.

*Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde der tatsächliche Erdgaspreis um die CO₂-Steuer für 2021 erhöht. Die tatsächlichen durchschnittlichen Erdgaspreise der letzten drei Jahre liegen bei rund 4 Cent/kWh (ohne CO₂-Steuer).

3.5.5 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.

⁸ Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme - Das Globale Emissions-Modell integrierter Systeme ist ein frei verfügbares Computermodell mit integrierter Datenbank zur Lebensweg- und Ökobilanzierung und Stoffstromanalyse sowie den CO₂-Fußabdruck für Energie-, Stoff- und Verkehrssysteme

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.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen prognostizierten Anstieg der Energiekosten verschiedener Energieträger um bis zu 20 % bis 2030. Die Stromkosten für Verbraucher sinken laut der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (jetzt Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) in Auftrag gegebenen Studie zur „Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose“ ab ca. 2025.

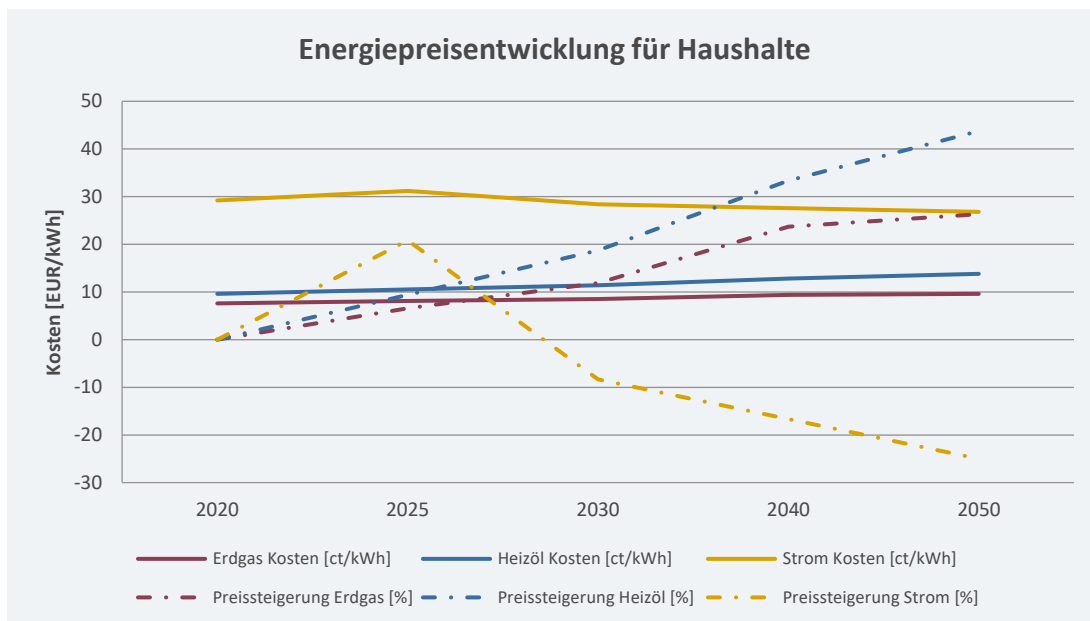


Abbildung 17 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)

Basierend auf die zukünftige Preisentwicklung der fossilen Energieträger wurden folgende Preissteigerungen in den Sanierungsvarianten hinterlegt:

- ▶ kalkulatorischer Zinssatz 1,50 %
- ▶ jährliche Preissteigerung - hier Inflation 2,00 %
- ▶ jährliche Preissteigerung Erdgas 3,50 %
- ▶ jährliche Preissteigerung Pellets 1,50 %
- ▶ jährliche Preissteigerung Strom 2,50 %

3.6 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 die Stadt vor Projektbeginn mehrere Vergleichsangebote einholen. Zudem sollte die Gemeinde mit der Vergabestelle die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig abstimmen.

Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 20 % beaufschlagt und sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten enthalten. In den Investitionskosten sind auch die Kosten für Nebenarbeiten enthalten.

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Die Sanierungsvarianten wurden unter dem Fokus der Ökologie und Ökonomie entwickelt. Bei den einzelnen Sanierungsvarianten werden die Potentiale zur Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung in einer Tabelle separat dargelegt. In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Bei Bauteilen wird der im zurzeit gültigen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) maximal zulässige U-Wert minus 30 % berücksichtigt.

Folgende Sanierungsvarianten (SV) und Maßnahmenkombinationen (MK) wurden betrachtet:

Empfohlene Sanierungsvarianten:

Var.1 - SV 1: KWK Anlage

Var.2 - SV 2: Außenwanddämmung

Var.3 - SV 3: Fenstertausch

Var.4 - SV 4: LED-Beleuchtung

Var.5 - SV 5: Dachdämmung

Var.6 - SV 6: PV-Anlage

Var.7 - MK 1: Kombination KWK- mit PV-Anlage

Var.8 - MK 2: Kombination SV 1 bis SV 6

4.2 SV 1: KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Der vorhandene Gas-Brennwertkessel aus den frühen 2000er Jahren könnte gegen eine Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Anlage) ausgetauscht werden. Eine KWK-Anlage erzeugt gleichzeitig Strom und Wärme und kann über verschiedenen Technologien (z. B. Blockheizkraftwerk (BHKW) oder Brennstoffzelle) umgesetzt werden. Die KWK-Anlage deckt dann die Grundlast des Gebäudes ab. Zur Aufnahme der Spitzenlast (z. B. höherer Wärmebedarf im Winter) kann ein zusätzlicher neuer Gas-Brennwertkessel eingebaut werden. Nach der Implementierung des neuen Wärmeerzeugers wird die Heizlast der Schule entsprechend der DIN EN 12831 ermittelt. Entsprechend der errechneten Werten wird dann ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Hierfür ist es evtl. erforderlich alte 2K Heizkörperventile gegen neue 1K-Ventile auszutauschen. Evtl. werden noch zusätzliche Strangregulierventile eingebaut. Mittels der Heizkörper- und Strangregulierventile werden die ermittelten Volumenströme einreguliert.

Diese Maßnahme umfasst folgende Leistungen:

- ▶ Austausch des vorhandenen Wärmeerzeugers gegen eine KWK-Anlage
- ▶ Ermittlung der Heizlast
- ▶ Erneuerung bzw. Umstellung der Umwälzpumpen auf variable Druckdifferenz
- ▶ Einbau von Strangregulierventilen
- ▶ Austausch der Thermostatköpfe und Ventile (1K – Temperaturregelung)
- ▶ Einregulierung des Volumenstroms

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 11 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

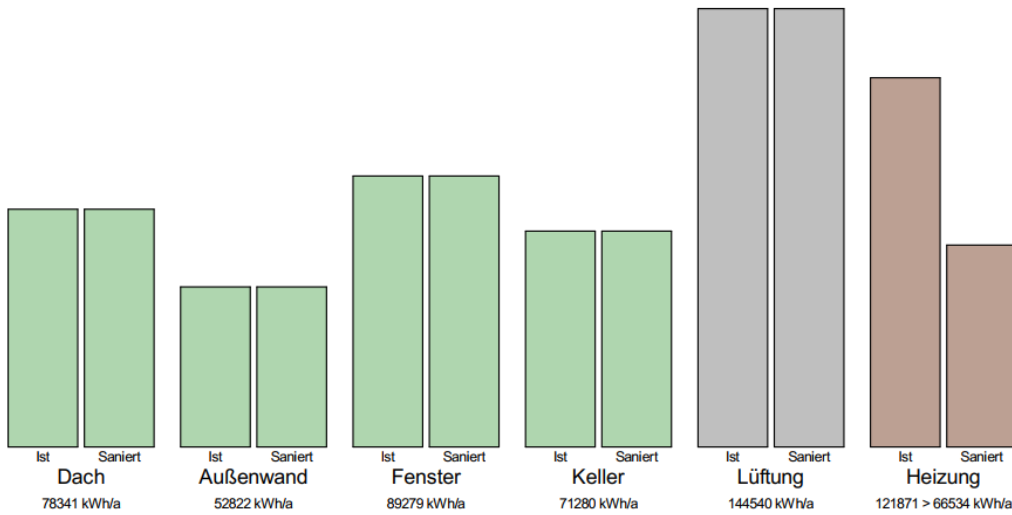


Abbildung 18 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 444137 kWh/Jahr reduziert sich auf 393121 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 51016 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 12063 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 102 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

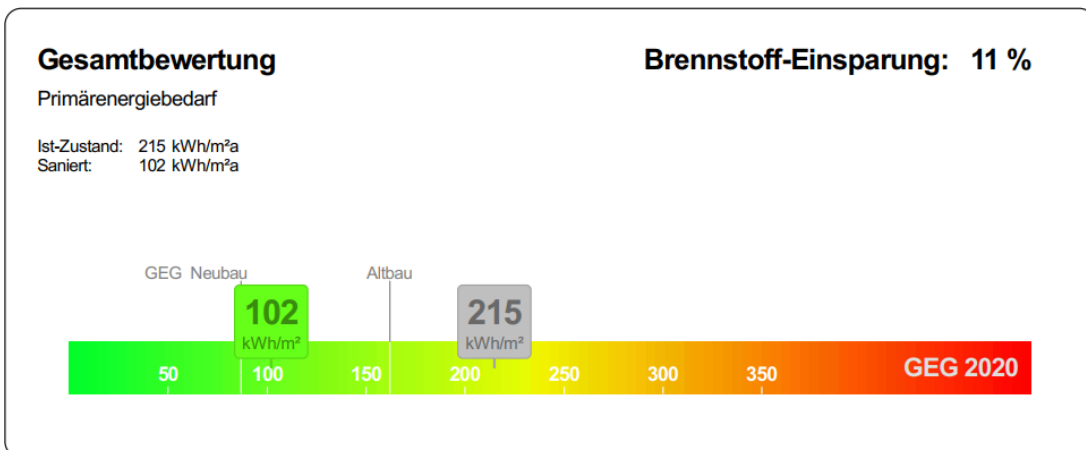


Abbildung 19 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 8 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	113.620 EUR
Mögliche Fördermittel	*
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	113.620 EUR

* Bei Einbau einer Brennstoffzelle als Wärmeerzeuger.

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

Tabelle 9 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	6.618	132.360
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	22.113	442.260
Summe	28.731	574.620
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	30.052	601.040
Einsparung	1.321	26.420

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Die Anlage amortisiert sich nach 17 Jahren.

Betrachtungszeitraum	20	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	22.036	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	19.579	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,00	%
Interner Zinsfuß	3,00	%

4.3 SV 2: AUßENWANDDÄMMUNG

Die Wandflächen der Grundschule Kiebitzreihe werden entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um diesen U-Wert zu erreichen, würde eine Dämmung von 10 cm mit einem Lambda-Wert von $0,040 \text{ W/mK}$ ausreichen. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der geforderte U-Wert deutlich unterschritten werden. In dieser SV wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert in Höhe von $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt. Dieser Wert wird durch eine Dämmstoffstärke von 14 cm Lambda-Wert von $0,032 \text{ W/mK}$ erreicht. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten.

Die Wandflächen werden für das Anbringen der Wärmedämmung gesäubert und vorbereitet. Die Dämmschicht wird vollflächig angebracht und verdübelt. Die Gestaltung der äußeren Schicht kann individuell z. B. durch Putz, eine Vorhangfassade oder Klinker erfolgen. Die unteren Wandflächenbereiche sollten bis zu einer Höhe von mindestens 2,00 m gegen Vandalismus entsprechend geschützt werden. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte durch einen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	<i>Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).</i>
Förderquote	20 %
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 von bis zu **46.697 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 2 -

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.

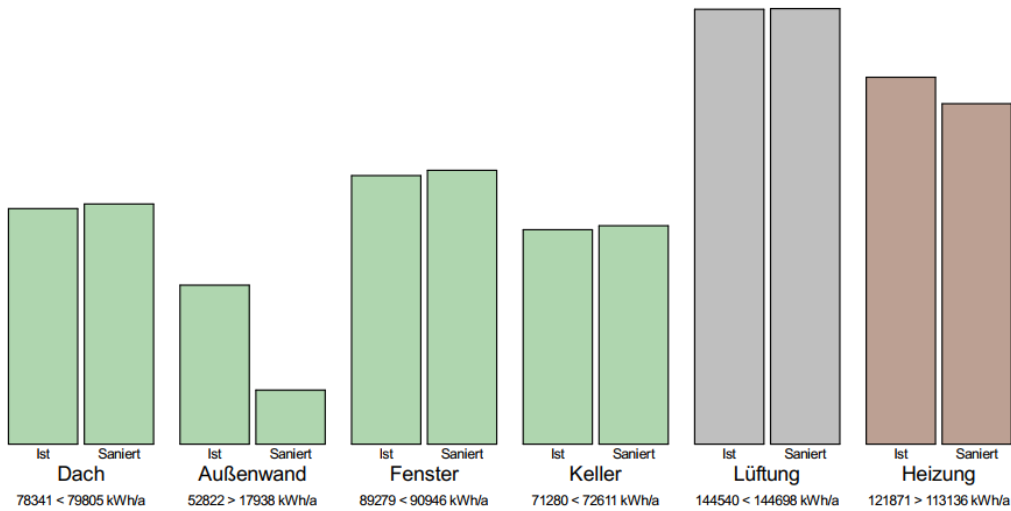


Abbildung 20 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 444137 kWh/Jahr reduziert sich auf 408063 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 36074 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7894 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 198 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

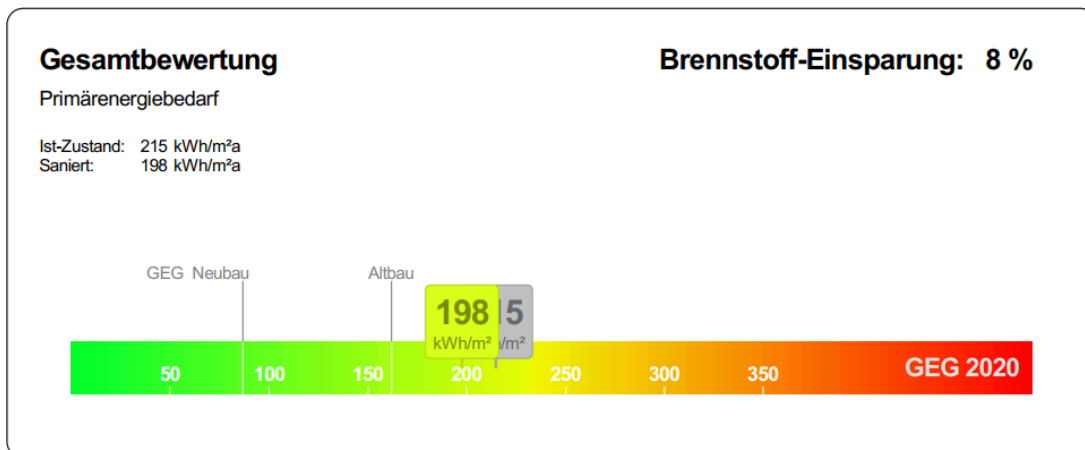


Abbildung 21 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 10 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	233.487 EUR
Mögliche Fördermittel	46.697 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	233.487 EUR

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

Tabelle 11 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	9.722	291.660
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	38.677	1.160.310
Summe	48.399	1.451.970
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.950	1.258.500
Einsparung	-6.449	-193.470

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	22.036	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	20.684	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.4 SV 3: FENSTERTAUSCH

Die vorhandenen Fenster sollten entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) ausgetauscht werden. Gem. der Baubeschreibung zu geplanten Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen zu Beginn der 2000er Jahre sollten die im Zuge dessen eingebauten Fenster mit Isolierverglasung einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 1,3 W/m²K aufweisen. Sofern der Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient der neueren Fenster (Verglasung und Rahmen) diesen Wert einhält, ist ein Austausch nicht erforderlich. Für die Berechnung wird für die Fenster ein U_w-Wert von **0,90 W/m²K** gewählt.

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

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	<i>Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).</i>
Förderquote	20 %
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 von bis zu **66.896 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 10 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

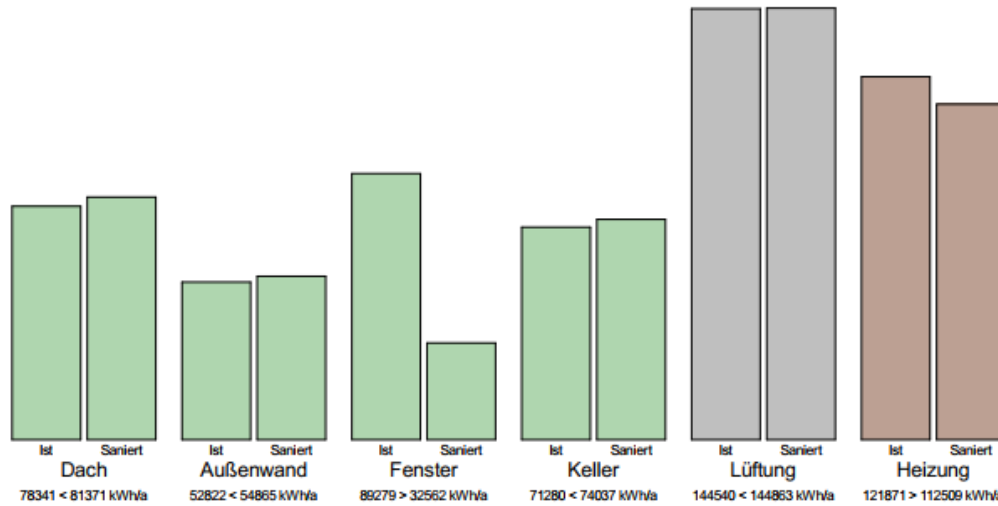


Abbildung 22 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 444137 kWh/Jahr reduziert sich auf 399902 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 44236 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 9619 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 194 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.

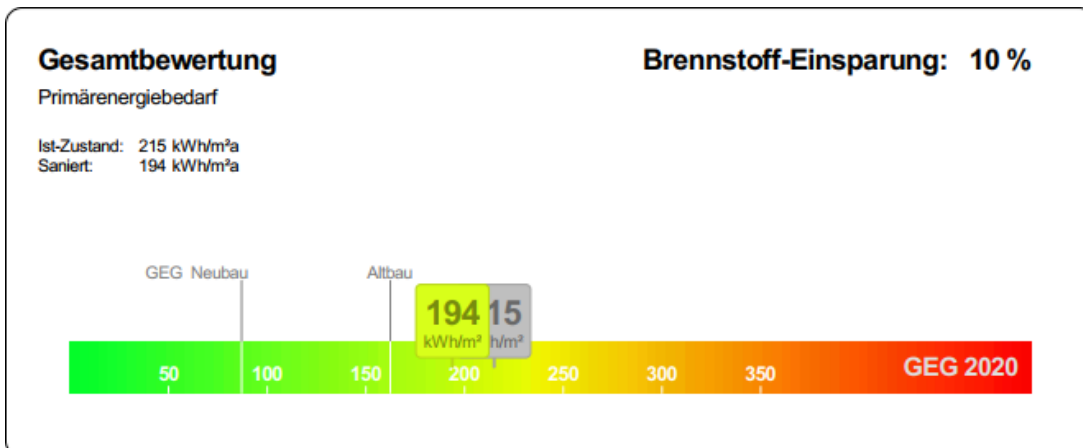


Abbildung 23 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 12 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	334.482 EUR
Mögliche Fördermittel	66.896 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	334.482 EUR

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

Tabelle 13 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	13.928	417.840
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	37.973	1.139.190
Summe	51.901	1.557.030
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.950	1.258.500
Einsparung	-9.951	-298.530

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	22.036	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	20.342	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.5 SV 4: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die noch vorhandenen Leuchtstofflampen mit KVGs oder Kompaktleuchtstofflampen durch effizientere 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 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.

Beleuchtungssanierung (2.9)

Info	<i>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.</i>
Förderanteil	<i>25 %* bei Innen- und Hallenbeleuchtungen Mindestzuwendung i. H. v. 5000 €</i>
Fördersumme	<i>Finanzschwache Kommunen können vorbehaltlich der beihilferechtlichen Zulässigkeit eine um 5 % erhöhte Förderquote erhalten. Bei Maßnahmen in Kindertagesstätten, Schulen, Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe, Jugendwerkstätten und Sportstätten (inkl. Freibäder und Schwimmhallen) ist eine um 5 % erhöhte Förderquote möglich.</i>
Fristen	<i>Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2019 bis zum 31.12.2022.</i>

* Die angegebene Förderquote wird für Anträge, die im Zeitraum vom 01.08.2020 bis zum 31.12.2021 gestellt werden um jeweils 10 % erhöht.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu **18.144 €** (unter Berücksichtigung der Erhöhung der Förderquote) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

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

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

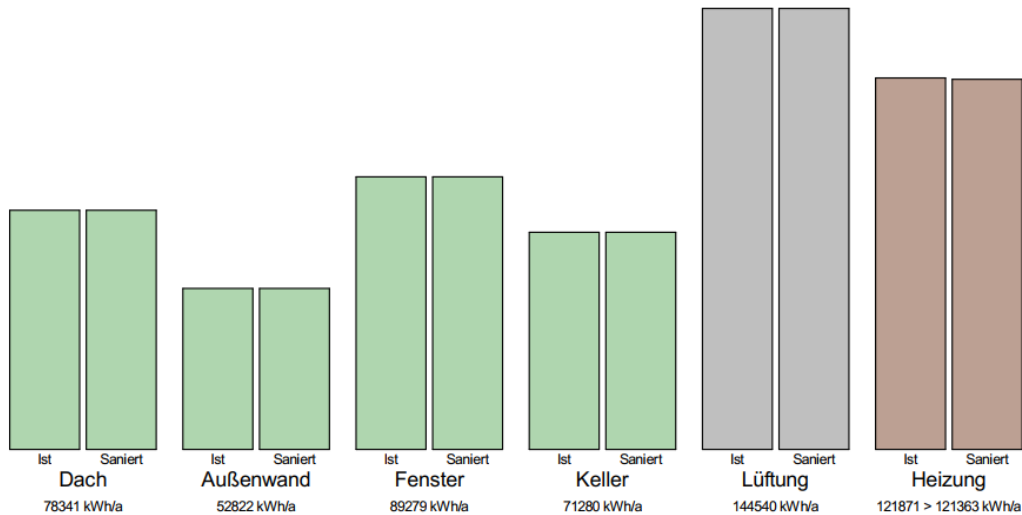
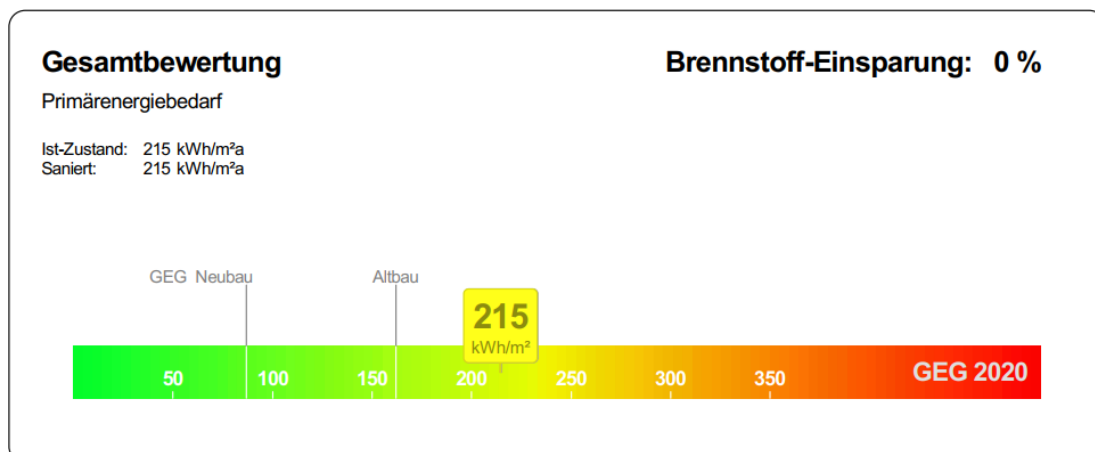


Abbildung 24 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 444137 kWh/Jahr reduziert sich auf 444114 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 23 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 334 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 215 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.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 14 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	45.360EUR
Mögliche Fördermittel	18.144 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	45.360 EUR

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 15 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Abbildung 25 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	1.889	56.670
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	25.326	759.780
Summe	27.215	816.450
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.834	1.045.020
Einsparung	7.619	228.570

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Die Investition amortisiert sich nach 13 Jahren.

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	22.036	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	21.219	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,00	%
Interner Zinsfuß	11,47	%

4.6 SV 5: DACHSANIERUNG

Das Dach wird entsprechend den Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Hierfür wird eine Zwischen- und Untersparrendämmung mit einer Stärke von 12 cm mit einem Lambda-Wert von 0,040 W/m²K eingebaut. Hierdurch kann der gem. GEG geforderte U-Wert von 0,20 W/m²K eingehalten werden. Sofern Fördermittel bei der KfW beantragt werden, ist bei einer Dachsanierung ein U-Wert von 0,14 W/m²K einzuhalten. Dies könnte beispielsweise durch eine Vergrößerung der Dämmstoffdicke auf ca. 16 cm erreicht werden.

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	20 %
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 von bis zu **22.708 €** gewährt werden!

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 11 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

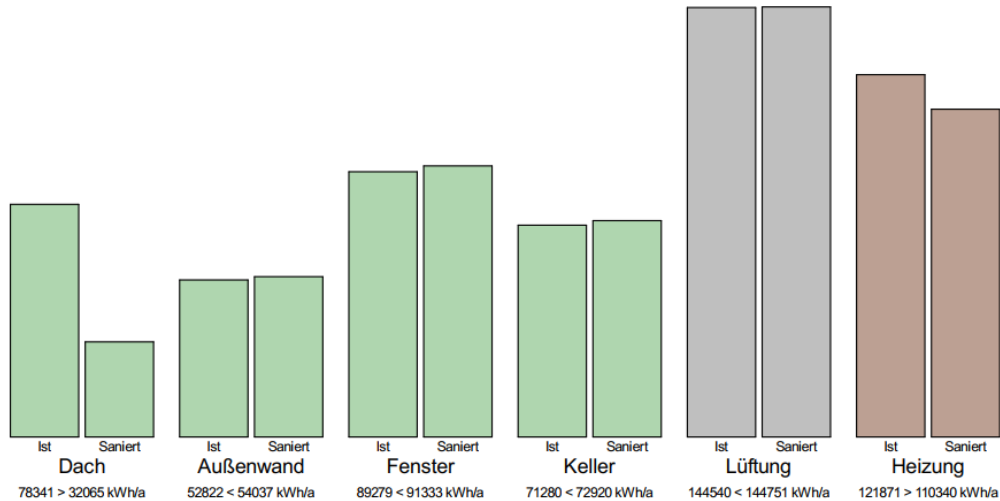


Abbildung 26 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 444137 kWh/Jahr reduziert sich auf 396060 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 48078 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 10519 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 192 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.

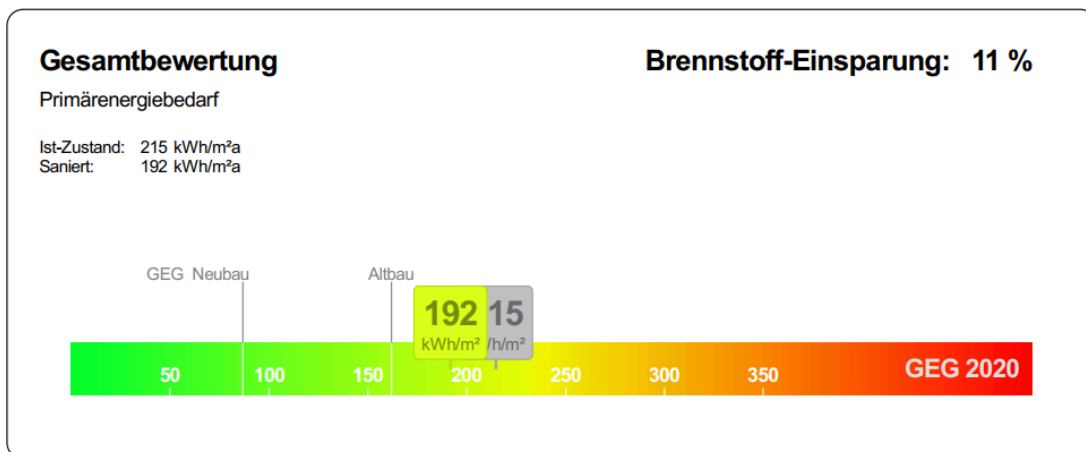


Abbildung 27 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	113.542 EUR
Mögliche Fördermittel	22.708 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	113.542 EUR

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

Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	4.728	141.840
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	37.588	1.127.640
Summe	42.316	1.269.480
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.950	1.258.500
Einsparung	-366	-10.980

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Die Investition amortisiert sich nach 27 Jahren.

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	22.036	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	20.124	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,00	%
Interner Zinsfuß		%

4.7 SV 6: PV-ANLAGE

Der Stromverbrauch der Grundschule Kiebitzreihe lag in den vergangenen drei Jahren im Mittel bei ca. 17.500 kWh jährlich. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden.

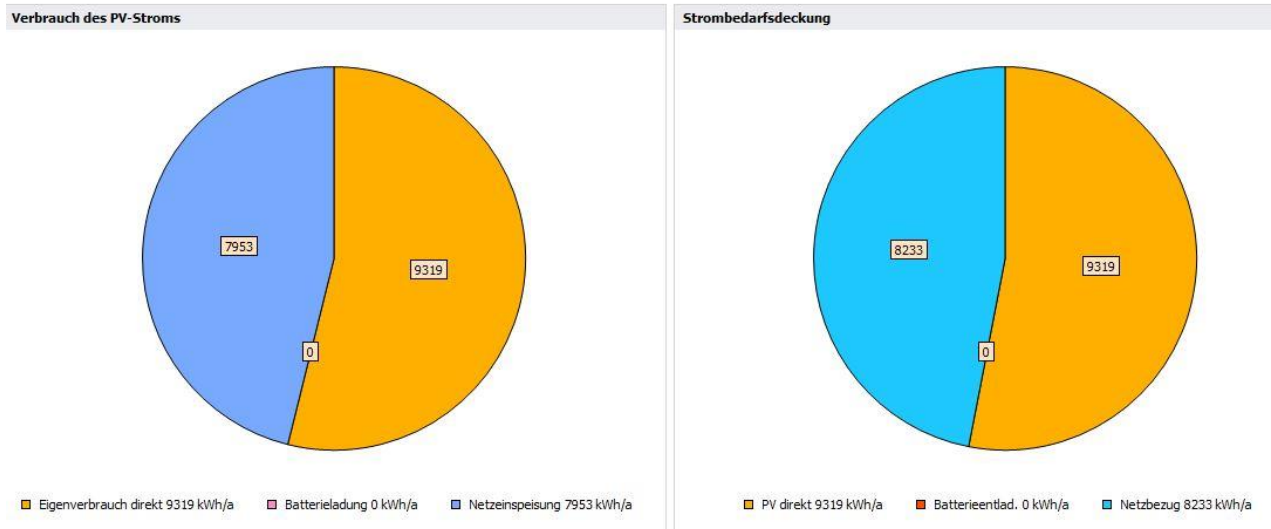
Für eine PV-Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde im Rahmen der Gebäudesimulation die Schule auf das PV-Dachflächenpotenzial untersucht. Aufgrund des Stromverbrauchs wurde eine PV-Anlage mit einer Generatorgröße von ca. 19,88 kWp simuliert. Die PV-Module werden mit einer Süd-Ost-Ausrichtung auf dem Dach der Schule angebracht. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Der Strombezugspreis liegt bei ca. 0,27 €/kWh. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung konnte in der Simulation ein Eigenstromanteil von ca. 54 % berechnet. Sollte der Anteil in der Realität höher ausfallen, verbessert sich das Ergebnis der Anlage entsprechend.

Voraussetzung ist, dass das Dach zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich). Es ist vorteilhaft im Rahmen einer Dachsanierung die PV-Module auf das Dach anzubringen.



Dimensionierung	Jahresergebnisse	Eigenverbrauch
Bruttofläche: 100,24 m ²	Jahresertrag: 17272 kWh	Eigenverbrauchsanteil: 54,0 %
Nennleistung: 19,88 kWp	Spezifischer Ertrag: 868,8 kWh/kWp/a	Selbstversorgungsanteil: 53,1 %
	Performance Ratio: 86,2 %	

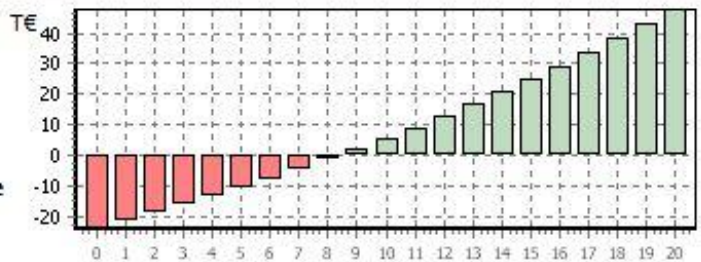
Übersicht Diagramme Tabelle



Amortisation

Investitionssumme 23856,00 €

Amortisationszeit 8,37 Jahre



Gewinnberechnung (nach Annuitäten-, Kapitalwert- und Endwertmethode)

	Annuitäten [€/Jahr]	Kapitalwerte [€]	Endwerte [€]
Verbrauch/Energie	3.444,77	61.541,33	76.593,16
+ Vergütungen	556,71	9.945,71	12.378,24
+ Sonstige Ausgaben			
+ Sonstige Einnahmen			
+ Zuschüsse			
+ Mieten			
- Kapitalkosten	1.335,34	23.856,00	29.690,72
- Betrieb/Wartung	520,24	9.294,14	11.567,31
= Gewinn	2.145,90	38.336,89	47.713,36

Rendite

Interner Zinssatz 12,1% p.a.

4.8 MK 1: GEMEINSAME UMSETZUNG SV 1 UND SV 6

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – KWK-Anlage

Var. 6 – PV-Anlage

umgesetzt. Hierdurch könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 53 % und die CO₂-Emissionen um ca. 12 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

Energieeinsparung - Variante MK 1 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 11 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

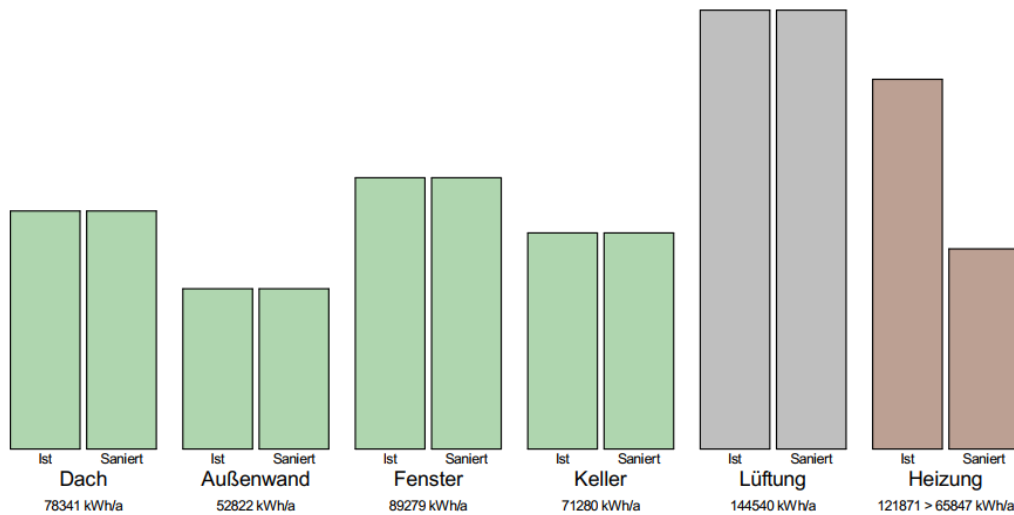


Abbildung 28 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 444137 kWh/Jahr reduziert sich auf 393121 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 51016 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 12063 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 101 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Pro-

zesskette 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.

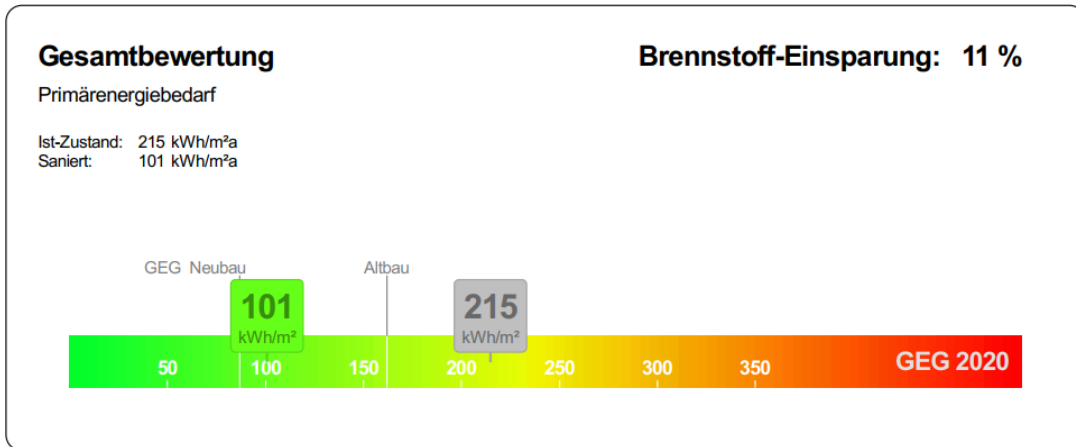


Abbildung 29 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante MK 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von ca. **137.476 €**.

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

Tabelle 18 Einsparpotenzial, MK 1

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	8.007	160.140
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	21.664	433.280
Summe	29.672	593.440
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	30.052	601.040
Einsparung	380	7.600

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	20	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	22.036	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	19.579	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,00	%
Interner Zinsfuß	1,87	%

4.9 MK 2: GEMEINSAME UMSETZUNG SV 1 BIS SV 6

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var.1 - SV 1: KWK Anlage

Var.2 - SV 2: Außenwanddämmung

Var.3 - SV 3: Fenstertausch

Var.4 - SV 4: LED-Beleuchtung

Var.5 - SV 5: Dachdämmung

Var.6 - SV 6: PV-Anlage

zusammen umgesetzt.

Durch die kombinierte Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen könnte der Primärenergiebedarf um bis zu 64 % und die CO₂-Emissionen um ca. 38 % im Vergleich zum Ist-Zustand reduziert werden.

Mit der gemeinsamen Umsetzung könnte zudem der KfW-Effizienzgebäudestandard 100 erreicht werden.

BEG Nichtwohngebäude – Neubau und Sanierung

Info	Neubau und Komplettsanierungen von NWG zum Effizienzhaus auf Grundlage des GEG
Förderhöhe Sanierung	Tilgungszuschuss: 27,5 %
Förderkreditbetrag	Max 2.000 € pro m ² NGF (max. 30 Mio.€)

Ein Tilgungszuschuss in Höhe von ca. **238.835 €** könnte beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante MK 2 -

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 38 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

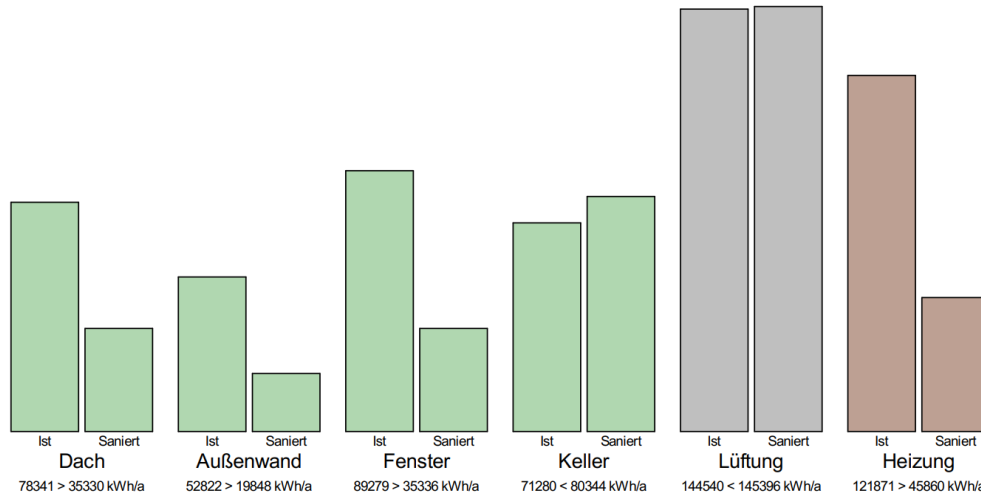


Abbildung 30 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], MK 2

Der derzeitige Endenergiebedarf von 444137 kWh/Jahr reduziert sich auf 274233kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 169904kWh/Jahr, bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 38170kg 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 77 kWh/m² pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette

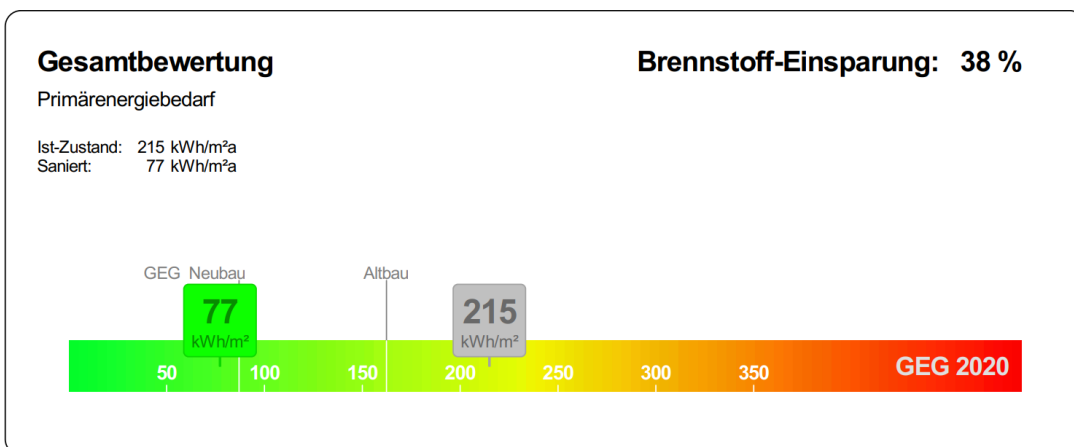


Abbildung 31 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, MK 2

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.

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante MK 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, MK 2

Gesamtinvestitionen	864.347 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	238.835 EUR
Mögliche Fördermittel	-
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	864.347 EUR

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

Tabelle 20 Einsparpotenzial, MK 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	35.991	1.079.730
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	16.413	492.390
Summe	52.404	1.572.120
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	34.834	1.045.020
Einsparung	-17.570	-527.100

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	22.036	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	13.961	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	3,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

5 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 Energiesparverordnung.

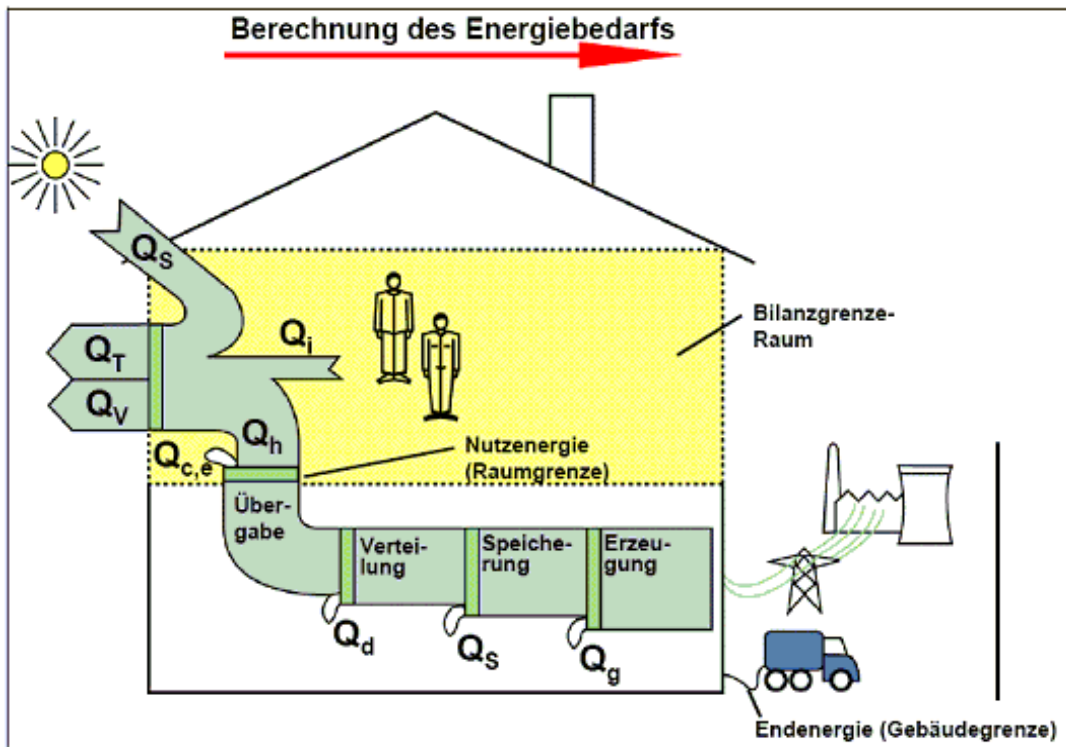


Abbildung 32 Primärenergie

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.

Nutzenergie

Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne.

Transmissionswärmeverluste Q_T

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

Lüftungswärmeverluste Q_v

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

Trinkwassererwärmung

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

U-Wert (früher k-Wert)

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

Solare Wärmegewinne Q_s

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

Interne Wärmegewinne Q_i

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

Anlagenverluste

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

Wärmebrücken

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

Gebäudevolumen V_e

Das beheizte Gebäudevolumen ist das an Hand 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.