

**Bericht zur energetischen Betrachtung  
im Rahmen des Förderschwerpunktes  
„2.2 Energiemanagementsysteme“  
des Amt Horst-Herzhorn**



**Objekt:** **Jakob-Stuve Schule**  
**Heisterender Weg 19**  
**25358 Horst**

Greven, 01.04.2021

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Sanierungsvarianten (SV) .....	4
2.1	Empfohlene Sanierungsvarianten .....	4
2.2	Endenergie- und Kosteneinsparung pro SV .....	6
2.3	Gesamteffizienz und Klimaschutz pro SV .....	7
3	Ausgangssituation .....	8
3.1	Beschreibung des untersuchten Objekts.....	8
3.2	Fotodokumentation .....	9
3.3	Gebäudehülle .....	11
3.4	Anlagentechnik .....	12
3.5	Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen.....	15
3.5.1	Energieverbräuche der Liegenschaft .....	15
3.5.2	Verbrauchskennwerte.....	16
3.5.3	Emissionen .....	17
3.6	Energiekosten und Preissteigerungen .....	18
3.7	Preisermittlung für die Sanierungskosten.....	19
4	Sanierungsvarianten.....	20
4.1	SV1: Pellet-Heizung .....	21
4.2	SV2: Außenwanddämmung.....	23
4.3	SV3: Fensteraustausch .....	25
4.4	SV4: Photovoltaik-Anlage für das JSS Schulgebäude .....	27
4.5	SV5: Beleuchtungstausch Klassen- und Aulabereich .....	29
4.6	Maßnahmenkombination MK 1: SV1 - SV4.....	32
4.7	Glossar .....	34

# 1 Einleitung

Der vorliegende Gebäudebericht der Jakob-Stuve Schule wurde im Rahmen des Förderschwerpunktes 2.2 Energiemanagementsysteme nach PTJ erstellt.

Mit den Bewertungskriterien des Förderschwerpunktes nach PTJ wird das Anforderungsniveau für Nichtwohngebäude nach der Norm 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 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.<sup>1</sup> Die Energieverbräuche können als Vergleichsgrundlage für die Berechnung des Energiebedarfs nur teilweise herangezogen werden, da in den Sanierungsvarianten lediglich die Hilfsenergie für die technischen Anlagen (Heizung, Beleuchtung usw.) und die Raumwärme betrachtet wird d.h., dass auch bei einem Eigenstromverbrauch aus PV-Produktion nur der Anteil für die Hilfsenergie energiewirtschaftlich betrachtet wird.

Insgesamt wird bei den Ergebnissen der Sanierungsvarianten eine Schwankungsbreite von bis zu 40% angenommen. Diese Abweichungen sollten bei der Bewertung der verschiedenen Sanierungsvarianten von der Gemeinde berücksichtigt werden.

---

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

## 2 Sanierungsvarianten (SV)

### 2.1 Empfohlene Sanierungsvarianten

Mit der bestehenden Energieversorgung werden die höchsten Energiekosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen prognostiziert. Die höchsten Einsparpotenziale an Energiekosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen werden mit der Maßnahmenkombination (MK 1) der Sanierungsvarianten 1 bis 5 erreicht. Hierbei werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 81 % und die Energiekosten um ca. 75 % reduziert.

Mit den SV 1, 4 und 5 werden Amortisationszeiten von jeweils unter 15 Jahren erreicht (exkl. Förderung).

**Tabelle Gesamtübersicht Sanierungsvarianten exkl. Förderung**

Parameter	Status Quo	SV1: Pellet-Heizung	SV2: Außenwanddämmung	SV3: Fenster-aus-tausch	SV4: PV-Anlage	SV5: Austausch Beleuchtung	MK1: SV1 - SV5
Investition inkl. 20 % NK [€]	-	118.200	226.663	711.723	66.000	112.520	1.235.106
Nutzungsdauer [a]	-	30	50	30	20	30	50
Amortisation [a]	-	14	32	44	13	8	39
Energiekosten im ersten Jahr [€/a]	27.408	22.578	23.980	21.170	20.391	24.637	6.965
Energiekostensparnis im ersten Jahr [€/a]	-	4.830	3.428	6.238	7.011	2.772	20.443
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr [%]	-	18	13	23	7	10	75
jährlicher Endenergiebedarf [kWh/a]	370.718	387.946	308.045	255.710	344.731	367.118	195.325
jährliche Endenergieeinsparung [kWh/a]	-	17.228	62.673	115.008	25.988	3.600	175.393
prozentuale Endenergieeinsparung [%]	-	- 5	17	31	7	1	47
jährlicher Primärenergiebedarf [kWh/a]	394.986	143.433	332.726	280.933	348.209	381.765	71.521
jährliche Primärenergieeinsparung [kWh/a]	-	251.553	62.260	114.053	46.778	13.222	323.465
prozentuale Primärenergieeinsparung [%]	-	64	16	29	12	3	82
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen [kg/a]	86.792	31.233	73.877	63.168	72.655	82.296	16.234
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [kg/a]	-	55.559	12.915	23.624	15.422	4.496	70.558
prozentuale CO <sub>2e</sub> -Vermeidung [%]	-	64	15	27	17	5	81

Unter der Berücksichtigung der Zuschüsse der verschiedenen Förderprogramme verbessert sich die Amortisationszeit der MK 1 von ca. 39 Jahre auf rund 22 Jahre.

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

**Tabelle Gesamtübersicht Sanierungsvarianten inkl. Förderung**

Reihenfolge der Sanierungsvarianten	CO <sub>2</sub> -Einsparung [kg/a]	Investitionsausgaben (brutto) inkl. 20 % NK	Zuschüsse aus Förderprogrammen (Stand: März 2021)	Amortisationszeit [Jahre]
Schritt 1: Beleuchtungstausch	4.496	112.520 €	45.008 € - 40 % PtJ - Beleuchtungssanierung (2.9)	8
Schritt 2: PV-Anlage	15.422	66.000 €	keine	13*
Schritt 3: Pellet-Heizung	55.559	118.200 €	41.370 € 35 % BAFA - BEG EM	14
Schritt 4: Außenwanddämmung	12.915	226.663 €	45.332 € 20 % BAFA - BEG EM	32
Schritt 5: Fenster austausch	23.624	711.723 €	142.344 € 20 % BAFA - BEG EM	44
<b>Summe</b>	112.016	1.235.106 €	274.054 € 22 % mittlere Förderquote	Ø 22,2 <sup>2</sup>

\* Siehe detailliertere Berechnung der Amortisation nach **Energieverbrauch** – 9 Jahre (Kap. 4.4)

#### **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.

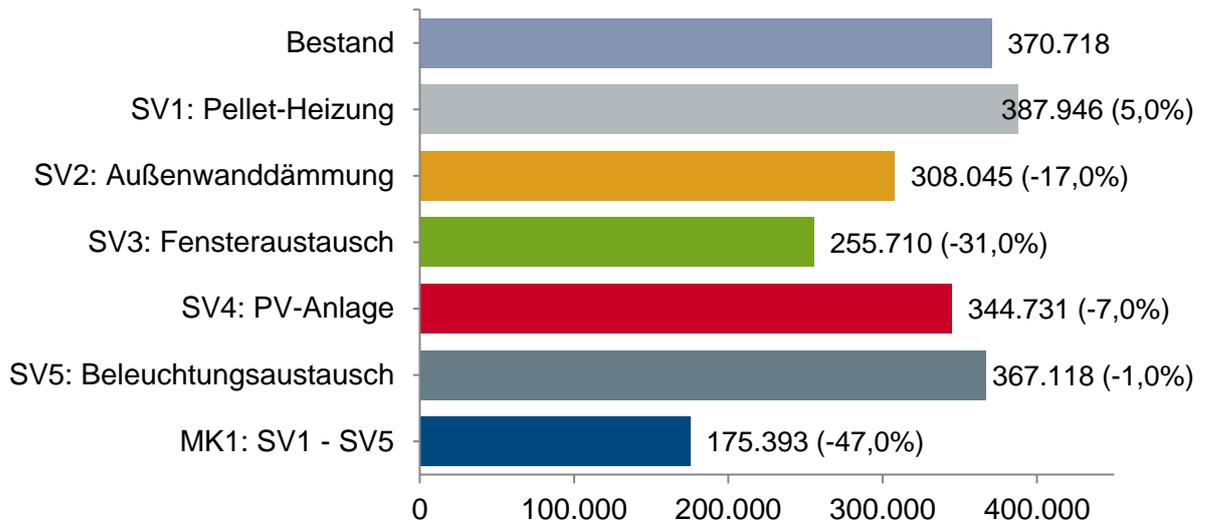
Für die Aufzählung der genannten Förderkonditionen und der Höhe der Zuschüsse bestehen keine Ansprüche auf Vollständigkeit.

<sup>2</sup> Mittlere Amortisationszeit

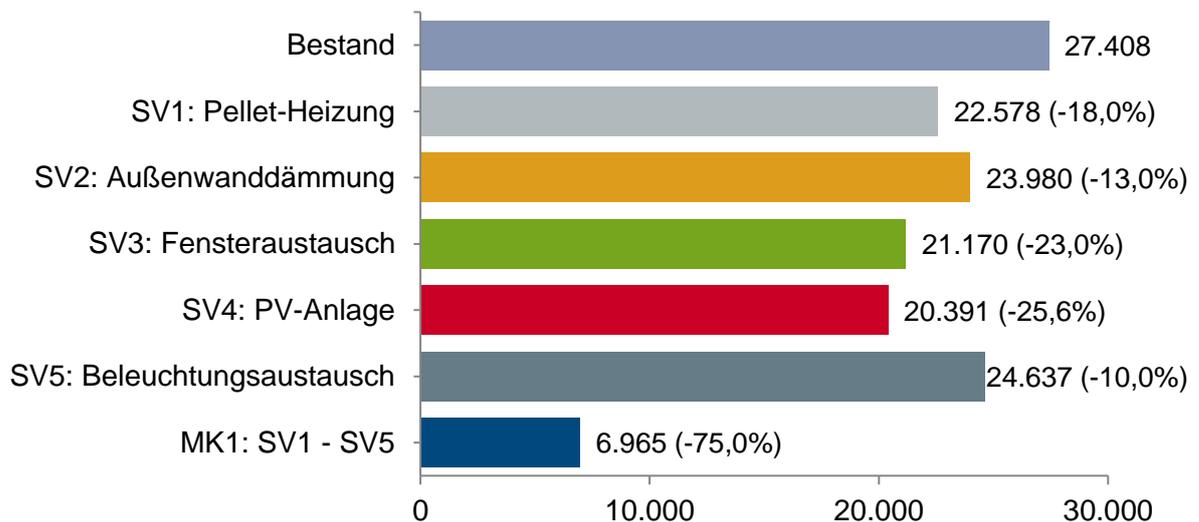
## 2.2 Endenergie- und Kosteneinsparung pro SV

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:

### Endenergie [kWh/a]



### Energiekosten [€/a]



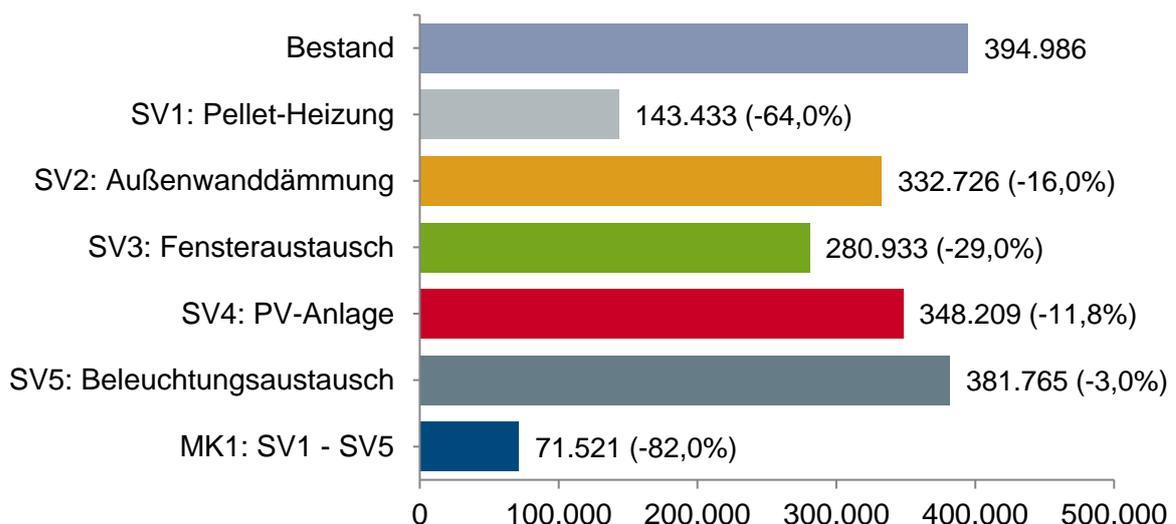
## 2.3 Gesamteffizienz und Klimaschutz pro SV

Wie in der Einleitung dieses Berichtes bereits umrissen wurde, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Primärenergie.

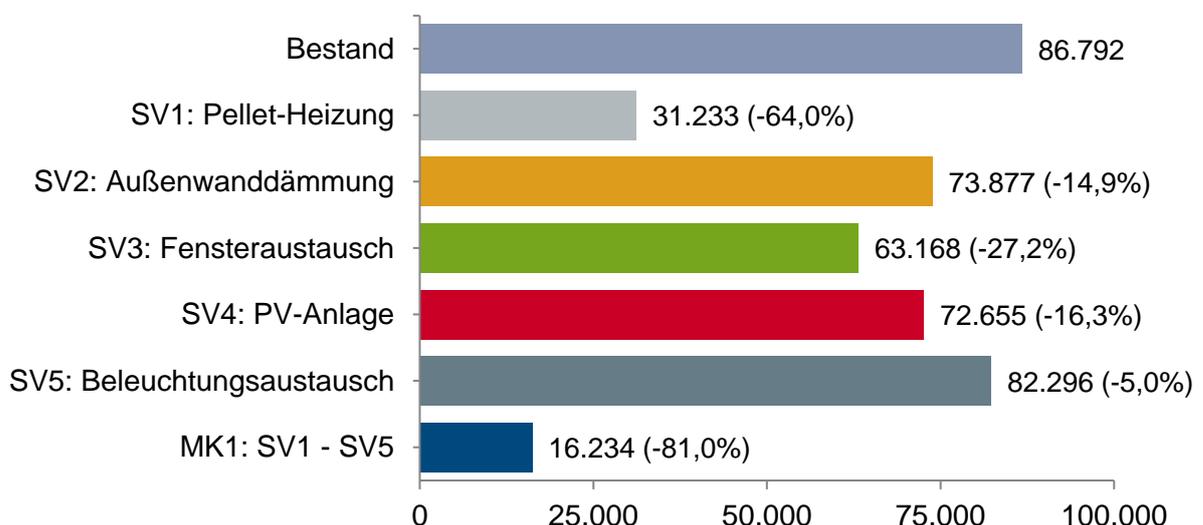
Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub belastet.

In den nachfolgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

### Primärenergie [kWh/a]



### CO<sub>2</sub>- Emission [kg/a]



### 3 Ausgangssituation

#### 3.1 Beschreibung des untersuchten Objekts

Das Schulgebäude wurde 1972 in Massivbauweise errichtet. Das Gebäude erstreckt sich über zwei Vollgeschosse. Das Dach ist als Flachdach ausgeprägt und wurde 1993 umfassend saniert. Im Rahmen der Sanierung wurde eine Gefälledämmung mit durchschnittlich 20cm Stärke aufgebracht. Die Fenster wurden 1993/94 ebenfalls vollständig ausgetauscht. 2009 wurde ein Lagerraum angebaut und 2018 der Verwaltungstrakt um ein großes Lehrerzimmer erweitert. Direkt anschließend an die Schule befindet sich die Turnhalle. Diese ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung, wird aber von der Heizung der Schule mitversorgt. Die Wärme wird dabei von zwei Brennwertkessel bereitgestellt. Die Anlagentechnik wurde fortlaufend saniert und modernisiert.



Abbildung 1: Lageplan mit dem grün markierten, untersuchten Gebäudeteil

Grunddaten	
Gebäudetyp	Schulgebäude
Baujahr	1972
Baujahr des Wärmeerzeugers	2003,2020
Gebäudevolumen netto [m <sup>3</sup> ]	13.820,2
Gebäudenutzfläche [A <sub>NGF</sub> ] [m <sup>2</sup> ]	4.195,6
Wärme übertragende Hüllfläche [A] [m <sup>2</sup> ]	7.710,5
Anzahl der Geschosse	2
<b>Anmerkung:</b> Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.	

### 3.2 Fotodokumentation



 <p>Gas-Brennwertkessel 1</p>	 <p>Gas-Brennwertkessel 2</p>	 <p>Warmwasserspeicher</p>
 <p>NW-Raum</p>	 <p>Plattenheizkörper – NW-Raum</p>	 <p>Gliederheizkörper - Verwaltung</p>
 <p>Leuchtstoffröhren mit KVG</p>	 <p>Leuchtstoffröhren mit KVG</p>	 <p>Erneuerte Led-Beleuchtung</p>
 <p>Halogenspots - Aula</p>	 <p>Lichtkuppeln Aula</p>	 <p>Lichtkuppeln Treppenhaus</p>
 <p>Flachdach</p>	 <p>Flachdach – NW-Räume</p>	 <p>Flachdach – NW-Räume</p>

### 3.3 Gebäudehülle

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

**Beispiel:** Das bedeutet, dass bei einer Sanierung der Außenwand der zulässige U-Wert des Bauteils in Höhe von 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) nicht überschritten werden darf.

#### Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG<sup>3</sup> 2020

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 mit angegeben. Die grün markierten Zeilen erfüllen bereits die Anforderungen der aktuellen GEG. Die rot markierten Zeilen entsprechen nicht den aktuellen Anforderungen der GEG.

Bezeichnung	IST - U-Werte [W/(m <sup>2</sup> K)]	zul. U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bodenplatte 1972	1,00	0,30
Außenwand 1972	1,00	0,24
Haupteingangstür 1994	1,7	1,80
Alufenster 1994	3,2	1,30
Nebeneingangstür 1994	1,7	1,80
Flachdach saniert 1993	0,20	0,24
Dachoberlicht groß	1,3	1,40
Dachoberlicht klein	1,3	1,40
Bodenplatte 2009	0,30	0,30
Außenwand 2009	0,24	0,24
Metallfenster 2009	1,3	1,30
Flachdach 2009	0,20	0,24
Bodenplatte 2018	0,30	0,30
Außenwand 2018	0,24	0,24
Kunststofffenster 2018	1,1	1,30
Alufenstertür 2018	1,1	1,30
Flachdach 2018	0,20	0,24

<sup>3</sup> Gebäudeenergiegesetz

### 3.4 Anlagentechnik

<b>Beheizung</b>	
<p>In dem betrachteten Gebäude gibt es zwei Gas-Brennwertkessel, welche im Technikraum der Schule untergebracht sind. Ein Kessel ist von 2003 und der zweite wurde dieses Jahr ersetzt. Die Heizungsanlage versorgt die gesamte Liegenschaft. Dazu gehört das Schulgebäude, die Turnhalle und die Ganztagschule. Hieraus resultieren auch die acht Heizkreise. Die Heizkreispumpen sind geregelt und die ältesten Beiden aus dem Jahr 2002. Folglich besteht hier kein Austauschbedarf. Ein hydraulischer Abgleich der gesamten Schule inkl. Turnhalle wurde durchgeführt.</p> <p><b>Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung</b></p>	
Anzahl Erzeuger	2
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
1. Buderus Logano SE625	
Erzeuger	Brennwertkessel
Baujahr	2003
Art des Erzeugers	Brennwertkessel verbessert
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Schule
Energieträger	Erdgas H
2. Buderus	
Erzeuger	Brennwertkessel
Baujahr	2020
Art des Erzeugers	Brennwertkessel verbessert
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	Schule
Energieträger	Erdgas H

## Warmwasserbereitung

### **Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser**

Die Warmwasserbereitung des Schulgebäudes erfolgt über dezentral angeordnete elektrische 5,0 l-Untertischgeräte. Sie wurde jedoch nicht detaillierter betrachtet, da Warmwasser nur in vereinzelt vorhandenen Räumen vorhanden ist. Die Waschbecken in den Sanitärräumen und Klassen verfügen nur über einen Kaltwasser-Anschluss.

Der Warmwasserspeicher im Technikraum wird ausschließlich für die Turnhalle bereitgestellt.

## Lüftung/Klima

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 CO<sub>2</sub> 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.

**In den untersuchten Gebäuden erfolgt die Be- und Entlüftung hauptsächlich über die vorhandenen Fenster und Türen.**

In der Eingangshalle bzw. der Aula ist eine Zuluftanlage installiert. Diese wird aber, laut Angaben des Hausmeisters, nur selten in Betrieb genommen.

## Beleuchtung

In den betrachteten Gebäuden befinden sich diverse Leuchtentypen. Überwiegend kommen jedoch ein- bzw. mehrflammige Leuchten Anbauleuchte mit einer Leistung  $P_{\text{Lampe}}$  bis zu 58W sowie mit konventionellem Vorschaltgeräten [KVG] vor. Diese finden sich sowohl in den Klassenräumen als auch auf den Fluren wieder. Eine Präsenzerfassung ist nicht vorhanden.

In den Treppenhäusern und dem Aula-Bereich ist die Beleuchtung etwas abweichend. Hier wurden ersatzweise bzw. in Ergänzung Leuchten mit Kompakt-Leuchtstofflampen installiert. In der Aula sind zusätzlich in der Decke Halogenspots vorhanden, die eine hohe Leistungsaufnahme haben.

In den zuletzt sanierten Räumlichkeiten (Sanitäranlage, ein Klassenraum und der Anbau mit dem Lehrerzimmer) wurde die Beleuchtung auf Led-Technik umgerüstet. Hier besteht kein weiterer Handlungsbedarf.

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

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

### 3.5 Tatsächlicher Verbrauch und Emissionen

#### 3.5.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

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
- interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl, ...)
- der Warmwasser- 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 und in der Abb. 2 werden die tatsächlichen Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der letzten drei Jahre dargestellt.

Tabelle Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart und Wasserverbrauch

Jahr	Heizung (Gas)	Klima-faktor	witterungs-bereinigter Wärmeverbrauch	Strom*	Energie-verbrauch Gesamt	Wasser inkl. Station	Wasser exkl. Stadion
-	[kWh/a]	[-]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m³/a]	[m³/a]
2018	714.954	1,03	736.403	248.506	984.909	2.980	1.349
2019	590.263	1,07	631.581	266.736	898.317	2.401	1.696
2020	653.275	1,06	692.472	232.243	924.715	2.652	1.645
<b>Mittelwert</b>	<b>652.831</b>		<b>686.819</b>	<b>249.162</b>	<b>935.980</b>	<b>2.678</b>	<b>1.563</b>

\* Stromverbrauch inkl. Mensa

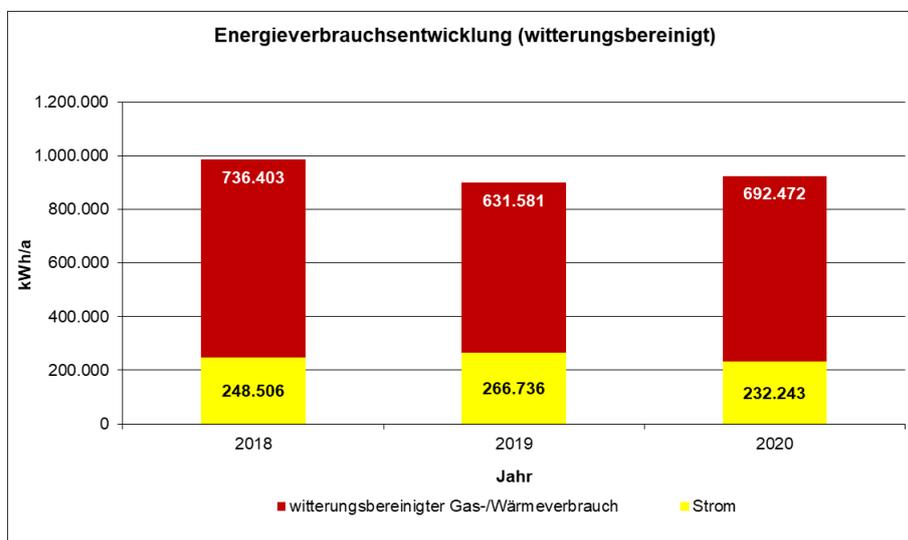


Abbildung 2: Entwicklung der Energieverbräuche

### 3.5.2 Verbrauchskennwerte

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 besonders dann sinnvoll und wirtschaftlich, wenn die eigenen Energieverbrauchskennwerte deutlich über den Grenzwerten liegen.<sup>4</sup>

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 6.664 m<sup>2</sup> dividiert.

Tabelle Energieverbrauchskennwerte

Schulen mit Turnhalle	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ] bzw. [dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
	Energieträger	Zielwert	Ist-Kennwert
Strom	5	37	11
Wärme	62	103	99
Wasser (exkl. Stadion)	70	235	140

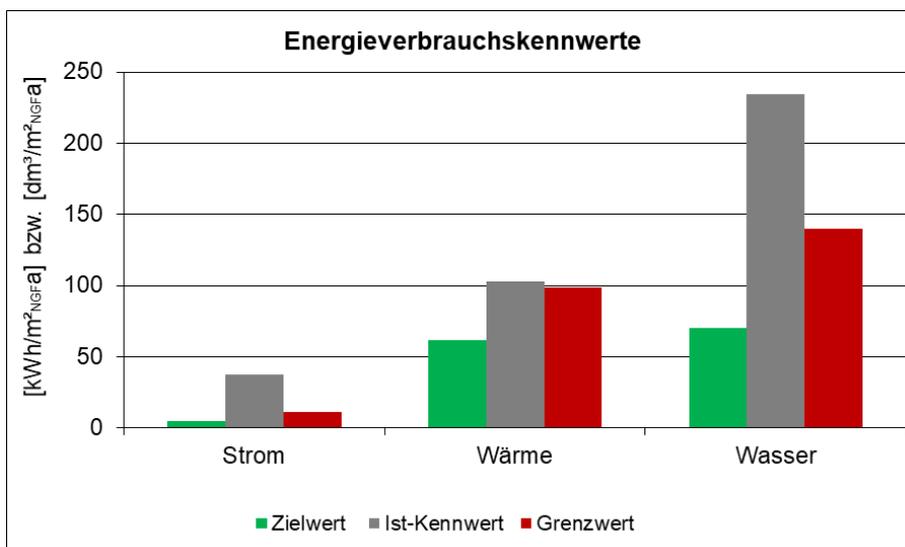


Abbildung 3: Vergleich des Ist-Zustands mit Kennwerten

#### Anmerkung

Die Verbräuche von Strom, Wärme und Wasser liegen über den zulässigen Grenzwert. Besonders der Wasserverbrauch sollte geprüft werden, da sich dieser im Vergleich zu dem Ziel- und Grenzwert stark hervorhebt. Gründe dafür könnte eine intensive Nutzung der Duschräume in der Turnhalle und der tägliche Wasserverbrauch der Mensa sein.

In den erhöhten Stromverbräuchen sind auch die Verbräuche zur Einhaltung der Raumtemperatur der Schulcontainer enthalten.

<sup>4</sup> 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)

### 3.5.3 Emissionen

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden über die gemittelten Energieverbräuche der letzten drei Jahre und den CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren aus GEMIS<sup>5</sup> (Stand:12.2020) bestimmt.

Tabelle CO<sub>2</sub>- Emissionen

Energieträger [-]	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor [g/kWh]	Energieverbrauch [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/a]
Erdgas	201	652.831	131.219
Strom	427	249.162	106.392
Summe:		901.992	237.611

<sup>5</sup> 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 CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für Energie-, Stoff- und Verkehrssysteme

### 3.6 Energiekosten und Preissteigerungen

Für die Sanierungsvarianten wurden folgende spezifischen Energiepreise je Energieträger angesetzt:

**Tabelle Spezifischen Energiepreise nach Energieträger**

Bezeichnung [-]	Preis in Brutto [€/kWh]
Erdgas (inkl. CO <sub>2</sub> -Steuer)	0,05*
Strom-Mix	0,27
Holz-Pellets	0,04

\*Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde der tatsächliche Erdgaspreis um die CO<sub>2</sub>-Steuer für 2021 erhöht. Die tatsächlichen durchschnittlichen Erdgaspreise der letzten drei Jahre liegen bei rund 4 Cent/kWh (ohne CO<sub>2</sub>-Steuer).

#### Preissteigerung durch CO<sub>2</sub>-Steuer

Die CO<sub>2</sub> -Steuer soll den Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen hin zu erneuerbaren Technologien fördern. Die sogenannte CO<sub>2</sub> -Steuer verteuert Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas dabei so, dass sich die Kosten in Zukunft stärker am tatsächlichen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen) voraussichtlich weiter an.

Die Nachfolgende Abbildung zeigt einen prognostizierten Anstieg der Energiekosten mit verschiedenen Energieträgern um bis zu 25 % bis 2026.

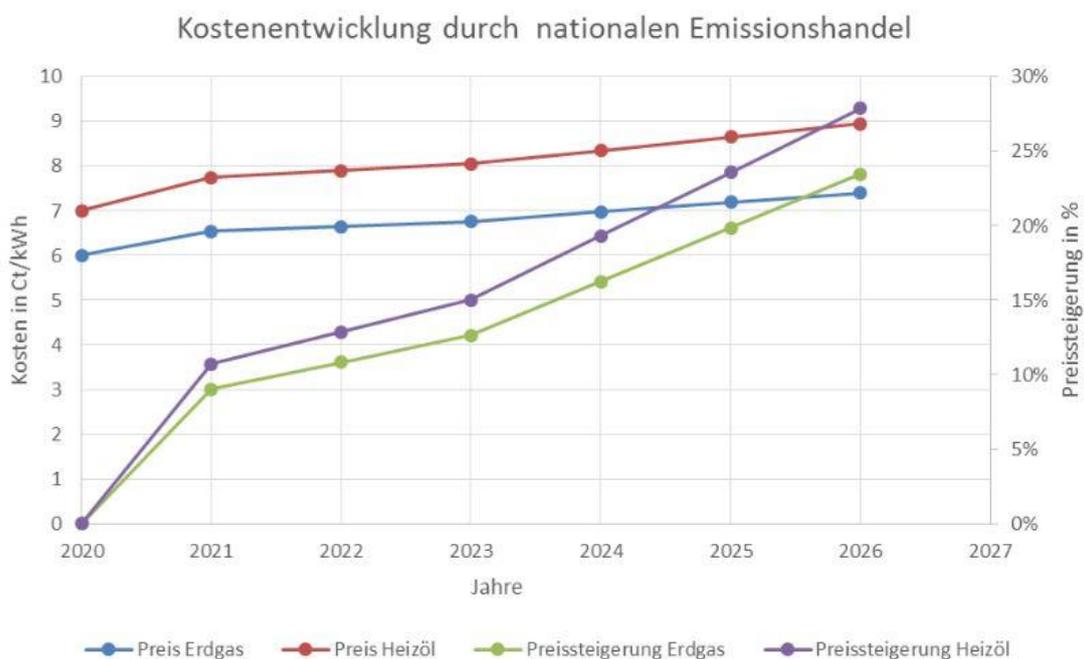


Abbildung 4: Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger

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 %

### 3.7 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 Gemeinde 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.

#### **Beispiel:**

Malerarbeiten bei dem Austausch von alten Leuchtmitteln oder Anpassung des Flachdaches an ein neues Wärmedämmverbundsystem

## 4 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.

## 4.1 SV1: Pellet-Heizung

In Anbetracht des Alters der beiden Wärmeerzeuger ist ein Austausch aus wirtschaftlicher Sicht nicht ratsam. Dennoch soll anhand dieser Sanierungsvariante der Umstieg auf eine regenerative Wärmeerzeugung analysiert werden. Hierzu wurde der ältere Brennwertkessel durch einen Biomassekessel mit Pellet-Nutzung ersetzt. Dieser sollte als Führungskessel fungieren, um die Umstellung des primären Energieträgers zu erreichen. Der zweite Brennwertkessel von 2020 soll als Spitzenlastkessel erhalten bleiben.

Sanierungsvariante	SV1: Pellet-Heizung	
	Wert	Einheit
Investition	118.200	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.408,10	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	22.577,93	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	4.830	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	18	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	370.717,8	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	88,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	387.946,2	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	92,5	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	-17.228	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	- 5	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	86.792,2	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	31.233,4	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	55.559	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	64,0	%
Nutzungsdauer	30	a
dynamische Amortisation	14	a

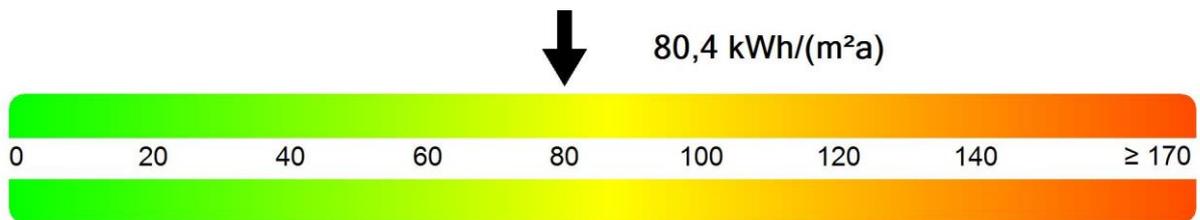
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Amt Horst Herzhorn

<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

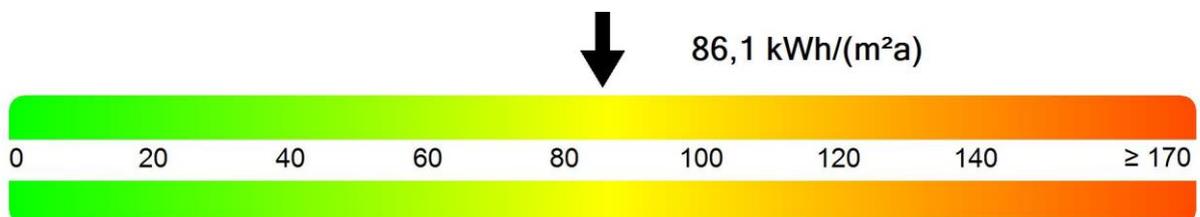
Alle Kosten werden in brutto angegeben.

### Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



### Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala

Auch wenn augenscheinlich mehr Endenergie eingesetzt wird, ist die Einsparung auf Seiten der Emissionsbildung ausschlaggebend. Dieser Faktor wird insbesondere langfristig mit der steigenden CO<sub>2</sub>-Steuer eine wesentliche Rolle spielen.



### Förderprogramm

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahme (BAFA BEG EM) - Zuschuss	
<b>Info</b>	In bestehenden Gebäuden, d. h. solche, in denen zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 5 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem im Betrieb ist, dass ersetzt oder unterstützt werden soll.
<b>Förderanteil</b>	35 %, bei besonders emissionsarme Biomasseanlagen + 5%
<b>Fördersumme</b>	sind gedeckelt auf 1.000 Euro pro Quadratmeter Nettogrundfläche,

### Potenzielle Fördersumme:

Mit der Umsetzung dieser Maßnahme kann ein Zuschuss in Höhe von 41.370 € gewährt werden.

## 4.2 SV2: Außenwanddämmung

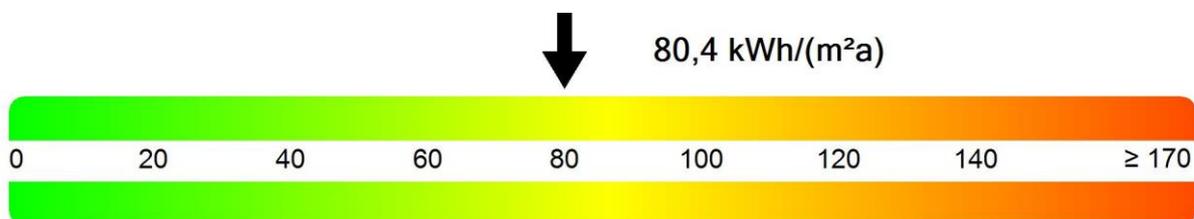
Gemäß der aktuellen Energieeinsparverordnung beträgt der U-Wert für Wandflächen  $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung, sollte der anzustrebende U-Wert deutlich unterschritten werden. In dieser SV wird daher ein um 30 % niedrigerer U-Wert angesetzt. Der berücksichtigte U-Wert in der Simulation beträgt  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Mehrkosten für die stärkere Senkung der Wärmeleitfähigkeit resultieren nur aus der zusätzlichen Dämmstoffstärke. 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 durch 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 vor der Durchführung durch einen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Sanierungsvariante Kenndaten	SV2: Außenwanddämmung	
	Wert	Einheit
Investition	226.663	€
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.408,10	€/a
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	23.980,03	€/a
Energiekostensparnis im ersten Jahr	3.428	€/a
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	13	%
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	370.717,8	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	88,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	308.044,6	kWh/a
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	73,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)
jährliche Endenergieeinsparung	62.673	kWh/a
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	17	%
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	86.792,2	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	73.876,9	kg/a
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	12.915	kg/a
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	14,9	%
Nutzungsdauer	50	a
dynamische Amortisation	32	a

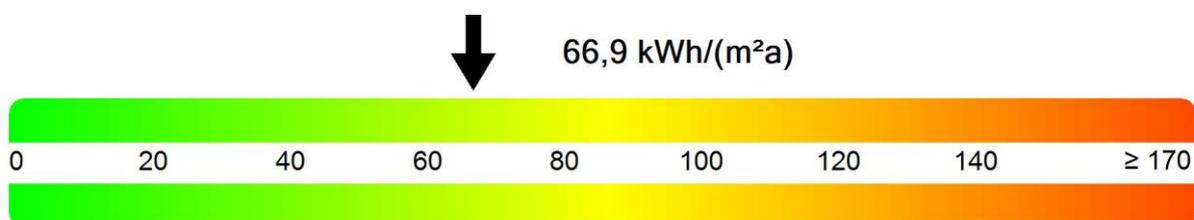
- 1) bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft
- 2) Emissionsfaktoren des Amt Horst Herzhorn
- 3) (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

### Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



### Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



### Förderprogramm

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahme (BAFA BEG EM) – Zuschuss oder KfW Nr. 218 - IKK-Energetische Stadtsanierung – Energieeffizient Bauen und Sanieren			
<b>Info</b>	Bei energetischen Einzelmaßnahmen, die keinen KfW-Effizienzhaus-Standard anstreben. Förderfähige Einzelmaßnahmen sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmedämmung</li> <li>Fenster, Vorhangfassaden, Außentüren und Tore</li> <li>Sommerlicher Wärmeschutz</li> <li>Lüftung und Klima inkl. Wärme- und Kälterückgewinnung, Abwärmenutzung</li> <li>Wärme- und Kälteerzeugung, -verteilung und -speicherung, Kraft-Wärme- bzw. KWKK anlagen</li> <li>Beleuchtung</li> <li>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Gebäudeautomation</li> </ul>		
<b>Förderanteil</b>	<b>Maßnahme (Sanierung)</b> Einzelmaßnahme	<b>Tilgungszuschuss (%)</b> 20%	<b>max. Tilgungszuschuss</b> 200 €/m <sup>2</sup>
<b>Fördersumme</b>	Kredithöhe i. d. R. max. 25 Mio. € der förderfähigen Kosten.		

### Potenzielle Fördersumme

Mit der Umsetzung dieser Maßnahme kann ein Zuschuss in Höhe von 45.332 € gewährt werden.

### 4.3 SV3: Fensteraustausch

Die vorhandenen alten Fenster aus 1993 sollen ausgetauscht werden. Der durch die Energieeinsparverordnung geforderte U-Wert für Fenster beträgt 1,3 W/m<sup>2</sup>K. Hinsichtlich der gesteckten Ziele der Bundesregierung wird der rechnerische U-Wert um ca. 30 % gegenüber der aktuellen GEG gesenkt. In dieser Simulation wird daher ein U-Wert von 0,9 W/m<sup>2</sup>K berücksichtigt.

**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.**

Sanierungsvariante		SV3: Fensteraustausch	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	711.723	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.408,10	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	21.169,69	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	6.238	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	23	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	370.717,8	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	88,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	255.710,1	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	60,9	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	115.008	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	31	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	86.792,2	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	63.168,3	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	23.624	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	27,2	%	
Nutzungsdauer	30	a	
dynamische Amortisation	44	a	

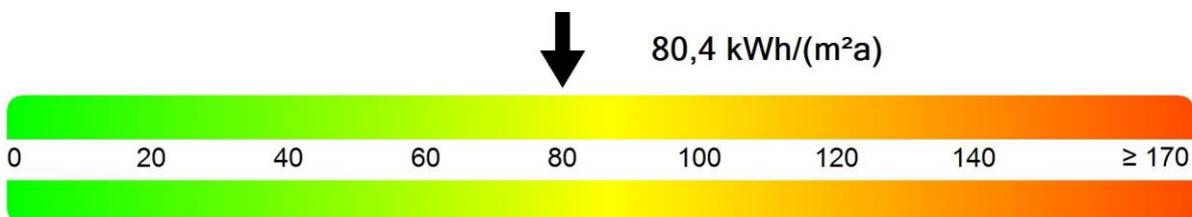
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Amt Horst Herzhorn

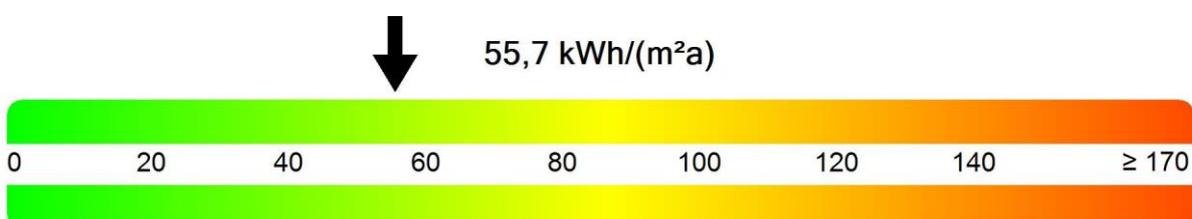
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kostenangaben sind brutto

### Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala



### Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala



### Förderprogramm

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahme (BAFA BEG EM) – Zuschuss oder KfW Nr. 218 - IKK-Energetische Stadtsanierung – Energieeffizient Bauen und Sanieren			
<b>Info</b>	Bei energetischen Einzelmaßnahmen, die keinen KfW-Effizienzhaus-Standard anstreben. Förderfähige Einzelmaßnahmen sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmedämmung</li> <li>• Fenster, Vorhangfassaden, Außentüren und Tore</li> <li>• Sommerlicher Wärmeschutz</li> <li>• Lüftung und Klima inkl. Wärme- und Kälterückgewinnung, Abwärmenutzung</li> <li>• Wärme- und Kälteerzeugung, -verteilung und -speicherung, Kraft-Wärme- bzw. KWKK anlagen</li> <li>• Beleuchtung</li> <li>• Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Gebäudeautomation</li> </ul>		
<b>Förderanteil</b>	<b>Maßnahme (Sanierung)</b> Einzelmaßnahme	<b>Tilgungszuschuss (%)</b> 20%	<b>max. Tilgungszuschuss</b> 200 €/m²
<b>Fördersumme</b>	Kredithöhe i. d. R. max. 25 Mio. € der förderfähigen Kosten.		

### Potenzielle Fördersumme

Mit der Umsetzung dieser Maßnahme kann ein Zuschuss in Höhe von 142.344 € gewährt werden

#### 4.4 SV4: Photovoltaik-Anlage für das JSS Schulgebäude

Der Stromverbrauch des Schulgebäudes lag 2020 bei ca. 201.336 kWh. Mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann ein Teil des Strombedarfs klimaneutral selbst erzeugt werden. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Der Strombezugspreis liegt bei rund 27 Cent/kWh. Eine Auswertung der Potenzialflächen auf dem Dach des Schulgebäudes zeigt, dass eine Generatorgröße von 50 kWp mit Süd-Ost-Ausrichtung Platz finden kann. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird ein Eigenstromanteil von 60 % angenommen. Sollte der Anteil in der Realität höher ausfallen, verbessert sich das Ergebnis der Anlage entsprechend.

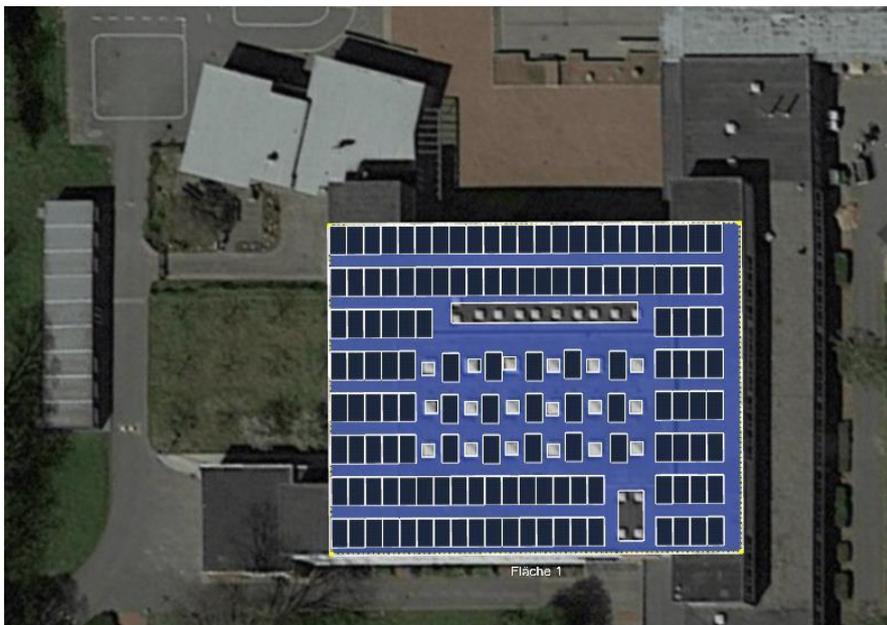


Abbildung 5: Ansichten der PV-Module auf dem Dach der JSS

Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage lässt sich über den Einspeisungsanteil sowie über den Eigenverbrauch darstellen.

Tabelle Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der PV Anlage in Abhängigkeit **des Energieverbrauchs**

Ausgabe PV-Anlage		
Gesamtinvestition	66.000	€
rel. Anteil Einspeisung	40	%
abs. Anteil Einspeisung	18.900	kWh/a
Einspeisevergütung nach EEG	7,2	Cent/kWh
rel. Anteil Eigenverbrauch	60	%
abs. Anteil Eigenverbrauch	28.350	kWh/a
dynamische Amortisation	9	a
CO <sub>2</sub> Einsparung	15.422	kg/a

Tabelle Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der PV Anlage in Abhängigkeit **des Energiebedarfs**

Sanierungsvariante		SV4: PV-Anlage	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition inkl. NK	66.000	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.408	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	20.391	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	7.017	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	25,6%	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	370.718	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	88,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	344.731	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	82,2	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	25.988	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	7,0%	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	86.792	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante)	72.655	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung)	15.422	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	17,8	%	
Nutzungsdauer	20	a	
dynamische Amortisation	13	a	

#### 4.5 SV5: Beleuchtungstausch Klassen- und Aulabereich

Die Beleuchtung in den Klassen entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik. Bei dieser Sanierungsvariante sollen die veralteten stabförmigen Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten gegen Leuchten mit LED-Technik ausgetauscht werden. Zusätzlich soll eine Präsenzerfassung mit Tageslichtsteuerung installiert werden.

Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik kann der Energieverbrauch an Strom und damit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden.

Die Berechnung der elektrischen Anschlussleistung nach DIN V 18599 dient der Ermittlung des Endenergiebedarfs der Beleuchtung und wird vereinfacht nach dem sogenannten Tabellenverfahren berechnet. Diese verallgemeinerte Betrachtung berücksichtigt keine konkreten Produktarten der einzusetzenden Leuchten, sondern lediglich deren prinzipielle Form der Lichtverteilung, die Art der Lampe und ggf. das eingesetzte Vorschaltgerät.

Um ein realistisches Energieeinsparpotenzial ermitteln zu können, wurden die einzelnen Leuchtmittel pro Raum aufgenommen und der dazugehörige Stromverbrauch über die Beleuchtungsdauer hochgerechnet. Zurzeit wird die Schule mit unterschiedlichen Systemen beleuchtet. Hauptsächlich kommen Leuchtstoffröhren mit konventionellem Vorschaltgerät zum Einsatz. Derzeit verursacht die Beleuchtung für die JSS einen Stromverbrauch von rund 45.000 kWh, das einen rel. Anteil des Stromverbrauchs von ca. 18 % entspricht.

Tabelle Stromverbrauch Beleuchtung

Energieverbrauch pro Leuchtentyp [W]	Energieverbrauch pro Vorschaltgerät [W]	Anzahl Leuchtmittel [1]	Durchschnittliche Betriebsstunden [h]	Gesamtverbrauch [kWh]
7	Keins	8	360	20
11	Keins	60	1.643	1.084
18	Keins	179	1.350	4.350
<b>Zwischensumme I (LED und Energiesparlampe)</b>		<b>244</b>	<b>3.353</b>	<b>5.454</b>
36	8	39	1.425	2.445
58	10	431	1.086	31.841
150	36	30	900	5.022
<b>Zwischensumme II (Leuchtstoffröhre mit KVG)</b>		<b>500</b>	<b>3.411</b>	<b>39.308</b>
<b>Summe</b>		<b>744</b>	<b>6.764</b>	<b>44.762</b>

Die Wärmeentwicklung von LED-Lampen fällt z.B. im Vergleich zur alten Glühlampe deutlich geringer aus. Glühlampen erzeugen aus der bezogenen 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. Zudem kann die Anzahl der Lichtpunkte mithilfe von LED-Beleuchtungen reduziert werden:

**Beispiel:** Bei einer 150 cm langen Leuchtstoffröhre und einem Abstrahlwinkel von 360° beträgt der Lumen-Wert<sup>6</sup> ca. 5.200 lm. Diese Leuchtstoffröhre kann durch eine LED-Röhre mit einem Lichtstrom von ca. 2.200 ersetzt werden, da der Lichtstrom der LED-Röhre meistens in einem Winkel von 120° - also zielgerichtet – auf die zu beleuchtende Fläche abgestrahlt wird.

Für den Beleuchtungsaustausch werden die Leuchtmittel mit Konventionellem Vorschaltgerät (ab 36W Leistung) betrachtet. Diese Lampen werden gegen hocheffiziente LED-Lampen ausgetauscht.

Insgesamt können somit 29.914 kWh/a (68% des derzeitigen Strombedarfs für Beleuchtung) eingespart werden. Mit dem direkten Austausch der alten Leuchtstoffröhren gegen eine neue LED-Beleuchtung sind mit folgenden Einsparungen zu rechnen:

Tabelle Einsparung Stromverbrauch Beleuchtung

Bezeichnung	Raumart	Investitionsausgaben
Leuchtensystem 1 - 58W	Klassenzimmer, Gruppenraum	78.225 €
Leuchtensystem 2 - 150W	Hörsaal, Auditorium	8.750 €
Leuchtensystem 3 - 36 W	Nebenflächen (Garderobe, Flur, Lager...)	3.820 €

<b>Investitionsausgaben gesamt</b>	<b>90.795 €</b>
<b>jährlicher Stromverbrauch Beleuchtung alt</b>	<b>35.813 kWh/a</b>
<b>jährlicher Stromverbrauch Beleuchtung neu</b>	<b>5.899 kWh/a</b>
<b>Jährliche Einsparung Stromverbrauch gesamt</b>	<b>29.914 kWh/a</b>
<b>Stromeinsparung</b>	<b>84%</b>
<b>CO2-Einsparungen pro Jahr</b>	<b>12.773 kg/a</b>
<b>CO2-Einsparungen über die Lebensdauer (20 Jahre)</b>	<b>255,46 t</b>
<b>Durchschnittliche Amortisationszeit</b>	<b>8,2 Jahre</b>

<sup>6</sup> Die Einheit „Lumen“ (Abkürzung lm) gibt die Größe des Lichtstromes an, der von einer Lichtquelle in den Raum abgestrahlt wird.

## Förderprogramm

PtJ - Beleuchtungssanierung (2.9)	
<b>Info</b>	Gefördert wird innerhalb der Kommunalrichtlinie in den investiven Förderschwerpunkten 2.9 "Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung" der Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung bei Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.
<b>Förderanteil</b>	35 % bei Innen- und Hallenbeleuchtungen Mindestzuwendung i.H.v. 5000 €
<b>Fördersumme</b>	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.
<b>Antragsberechtigt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunen und deren Zusammenschlüsse</li> <li>- Betriebe, Unternehmen u. sonst. Organisationen mit mind. 25 % kommunaler Beteiligung</li> <li>- öffentl., gemeinnützige und religionsgemeinschaftliche Kindertagesstätten, Schulen und Hochschulen</li> <li>- Religionsgemeinschaften mit Körperschaftsstatus sowie deren Stiftungen</li> <li>- Jugendwerkstätten und Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe (nach SGB VIII anerkannt)</li> <li>- kulturelle Einrichtungen in gemeinnütziger Trägerschaft</li> <li>- Sportvereine mit Gemeinnützigkeitsstatus, die im Vereinsregister eingetragen sind</li> <li>- Werkstätten für behinderte Menschen und deren Träger</li> </ul>
<b>Fristen</b>	<b>Die erhöhten Zuschüsse der Kommunalrichtlinie gelten vom 01.01.2020 bis zum 31.12.2022</b>

### Potenzielle Fördersumme

Mit der Umsetzung dieser Maßnahme kann ein Zuschuss in Höhe von 25.342 € gewährt werden.

## 4.6 Maßnahmenkombination MK 1: SV1 - SV4

Sanierungsvariante		MK1: SV1 - SV4	
Wirtschaftlichkeit			
Kenndaten	Wert	Einheit	
Investition	1.235.106	€	
Energiekosten in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	27.408,10	€/a	
Energiekosten im ersten Jahr nach Umsetzung der Sanierungsvariante	6.965	€/a	
Energiekostensparnis im ersten Jahr	20.443	€/a	
prozentuale Energiekostensparnis im ersten Jahr	75	%	
Endenergiebedarf in der Ausgangssituation <sup>1)</sup>	370.717,8	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf in der Ausgangssituation	88,4	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	195.325	kWh/a	
spezifischer Endenergiebedarf nach Umsetzung der Sanierungsvariante	47,6	kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> *a)	
jährliche Endenergieeinsparung	175.393	kWh/a	
prozentuale jährliche Endenergieeinsparung	47	%	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen in der Ausgangssituation <sup>1)2)</sup>	86.792,2	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Emissionen nach Umsetzung der Sanierungsvariante <sup>2)</sup>	16.234	kg/a	
jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	70.558	kg/a	
prozentuale jährliche CO <sub>2e</sub> -Vermeidung <sup>2)</sup>	81	%	
Nutzungsdauer	50	a	
dynamische Amortisation	39	a	

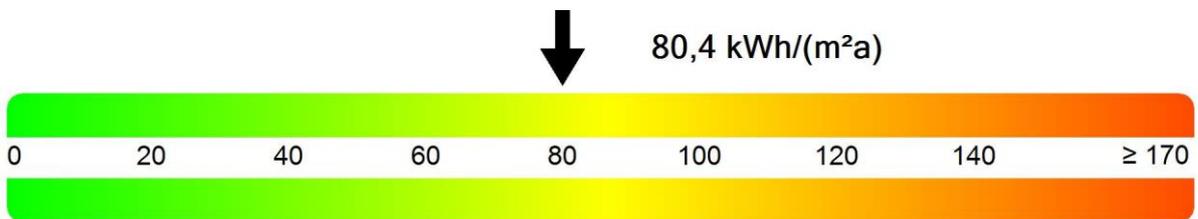
<sup>1)</sup> bezogen auf den errechneten Energiebedarf für alle betrachteten Gebäude(teile) der Liegenschaft

<sup>2)</sup> Emissionsfaktoren des Amt Horst Herzhorn

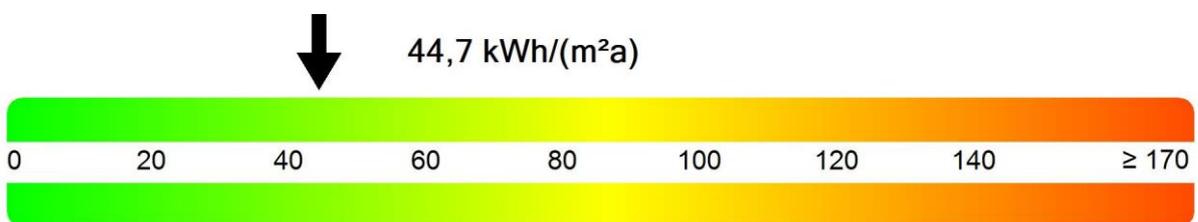
<sup>3)</sup> (Gesamtinvestition / Nutzungsdauer) / Endenergieeinsparung

Alle Kosten werden in Brutto angegeben.

**Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Ist-Variante auf der Farbskala**



**Einstufung des spez. Endenergiebedarfs der Sanierungsvariante auf der Farbskala**



## 4.7 Glossar

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

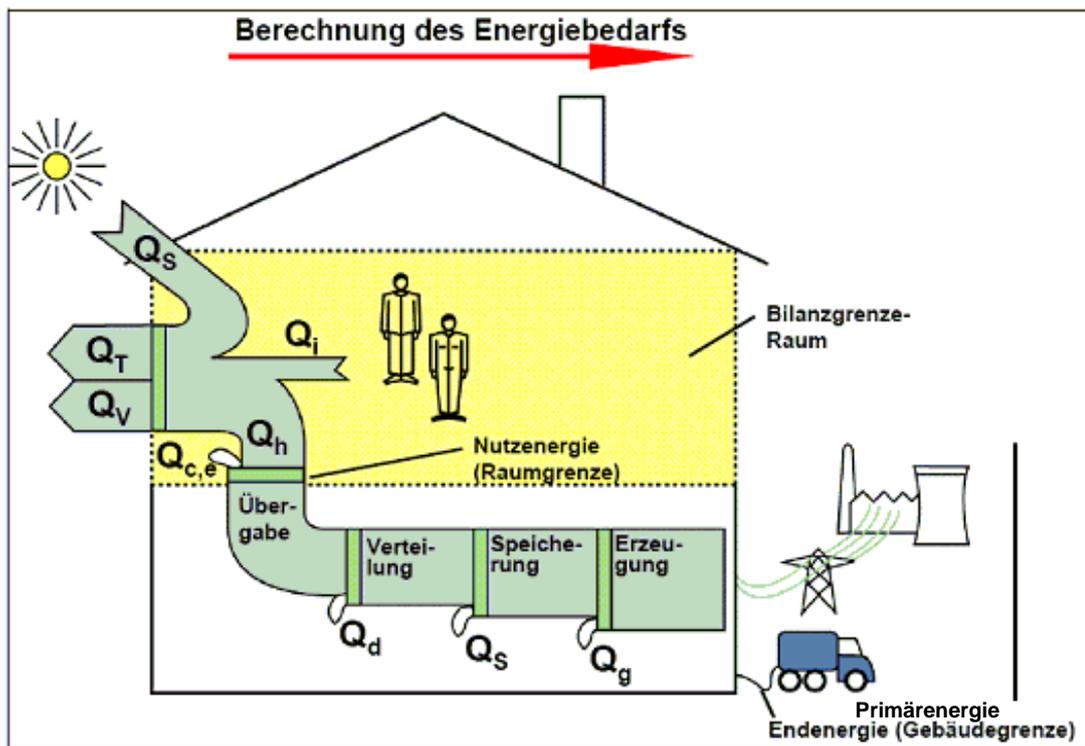
### **Energiebedarf**

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 mit Hilfe 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. CO<sub>2</sub>-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energiesparverordnung.



### 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 $Q_s$**

Dass 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.